

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-080419

(43)Date of publication of application : 31.03.1998

(51)Int.Cl.

A61B 6/03

A61B 6/03

A61B 6/03

(21)Application number : 08-238158

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 09.09.1996

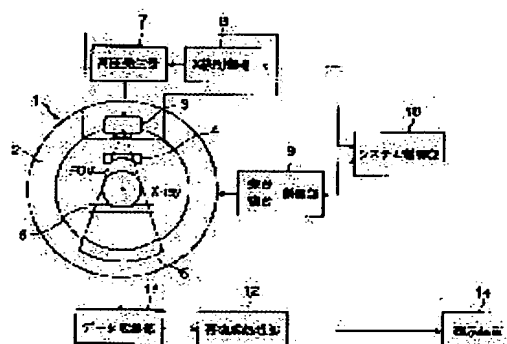
(72)Inventor : TAGUCHI KATSUYUKI
NANBU KYOJIRO

(54) METHOD FOR RECONSTITUTING IMAGE IN IMAGE RECONSTITUTING PROCESSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a desired inclination tomographic image in a short time by means of thin effective slice thickness by dividing the tomographic image into plural pixel groups in parallel with a detection slice surface, generating projection data at every pixel group, regenerating a pixel group image by means of reverse projection and executing addition.

SOLUTION: A trigger signal is supplied from an X-ray controller 8 to a high voltage generator 7. By this, a high voltage is impressed on an X-ray source 3 and a testee is exposed to the X-ray with an X-ray filter 4. The transmissive X-ray is detected by a one-dimensional X-ray detecting equipment 5 as an electric signal. The data is amplified by a data collecting part 11 and transmitted to a reconstitution processing part 12 as a digital signal. The reconstitution processing part 12 divides the inclination tomographic image into the plural pixels in parallel with the slice surface and projection data is generated at every pixel. Moreover, the pixel group image is reconstituted by reverse projection, an additional processing is also executed and the inclination tomographic image is reconstituted. Thus, the processing is executed in a short time.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.08.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-80419

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月31日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
A 6 1 B 6/03	3 2 0		A 6 1 B 6/03	3 2 0 Y
	3 5 0			3 2 0 B
	3 6 0			3 5 0 P
				3 6 0 H

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願平8-238158

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月9日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 田口 克行

栃木県大田原市下石上1385番の1 株式会
社東芝那須工場内

(72) 発明者 南部 恭二郎

栃木県大田原市下石上1385番の1 株式会
社東芝那須工場内

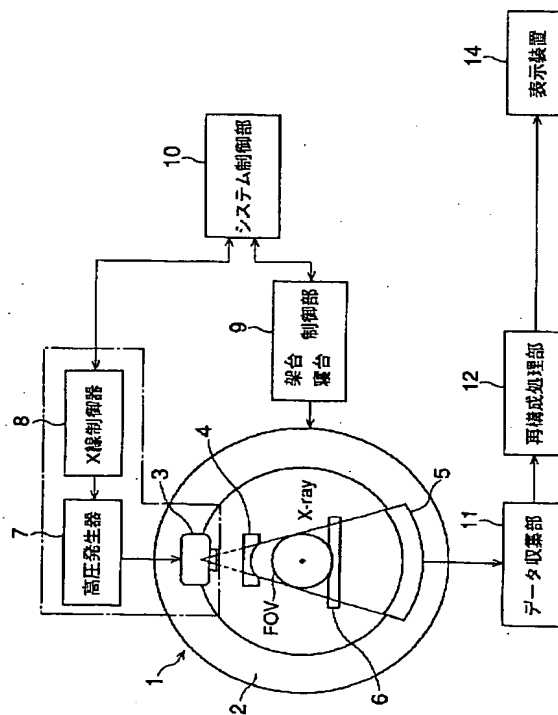
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54) 【発明の名称】 画像再構成処理装置における画像再構成方法

(57) 【要約】

【課題】 医師が所望とする傾斜断層面画像を実効スライス厚を薄く短時間で得る。

【解決手段】 傾斜断層面画像をZ軸に垂直な面(スライス面)に平行に分割して、各分割領域(分割列)毎に逆投影し、各分割領域(分割列)を加算して傾斜断層面画像を再構成するもので、ボクセルデータから傾斜断層面画像を切り出すのではなく、収集したX線検出データから直接傾斜断層面画像を逆投影により再構成するもの。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 X線源から放射された扇状のX線ファンビーム又は円錐状のX線コーンビームを対象物に連続回転方式で照射し、この対象物を透過したX線をアキシャル面と想定されるスライス面位置を中心として配列された1列又は複数列のX線検出素子からなるX線検出器により検出し、このX線検出器から得られた検出データに基づいて、前記対象物の断層画像を再構成する画像再構成処理装置において、

前記X線検出器による検出スライス面に対して傾斜した傾斜断層面画像を前記検出スライス面に平行に複数のピクセル群に分割し、

前記X線検出器からの検出データに基づいて、前記各ピクセル群毎に1回転分の投影データを作成し、

前記各ピクセル群毎に該当する投影データを逆投影してピクセル群画像を再構成し、

これらの再構成された各ピクセル群画像を加算処理して前記傾斜断層面画像を再構成することを特徴とする画像再構成処理装置における画像再構成方法。

【請求項 2】 前記各ピクセル群は、検出スライス面に平行な1列のピクセル列であることを特徴とする請求項1記載の画像再構成方法。

【請求項 3】 投影データを作成するときには、前記X線検出器からの検出データをコンボリューション処理した後、補間処理してピクセル群の該当するスライス位置の投影データを作成することを特徴とする請求項1及び請求項2のいずれか1項記載の画像再構成方法。

【請求項 4】 投影データを作成するときには、前記X線検出器からの検出データを予め補間処理して、スライス位置のピッチの最小単位で補間検出データを作成し、各ピクセル群毎に、該当する補間検出データをコンボリューション処理して投影データを作成することを特徴とする請求項1及び請求項2のいずれか1項記載の画像再構成方法。

【請求項 5】 X線源から放射された扇状のX線ファンビーム又は円錐状のX線コーンビームを対象物に連続回転方式で照射し、この対象物を透過したX線をアキシャル面と想定されるスライス面位置を中心として配列された1列又は複数列のX線検出素子からなるX線検出器により検出し、このX線検出器から得られた検出データに基づいて、前記対象物の断層画像を再構成する画像再構成処理装置において、

前記X線検出器による検出スライス面に対して傾斜した傾斜断層面画像を前記検出スライス面に平行に1群が1列のピクセル列からなる複数のピクセル群に分割し、前記各ピクセル群毎に、少なくとも前記X線検出器からの検出データのうち、該当するピクセル群のスライス位置近傍の連続する2回転分の検出データから各回転について2個ずつのそれぞれ同位相の合計4個の検出データを順次選択し、Z軸方向及び照射角度方向における補間

2

処理を行って補間検出データを求め、この補間検出データを逆投影してピクセル群画像を再構成し、

これらの再構成された各ピクセル群画像を加算処理して前記傾斜断層面画像を再構成することを特徴とする画像再構成処理装置における画像再構成方法。

【請求項 6】 X線源から放射された扇状のX線ファンビーム又は円錐状のX線コーンビームを対象物に連続回転方式で照射し、この対象物を透過したX線をアキシャル面と想定されるスライス面位置を中心として配列された1列又は複数列のX線検出素子からなるX線検出器により検出し、このX線検出器から得られた検出データに基づいて、前記対象物の断層画像を再構成する画像再構成処理装置において、

前記X線検出器による検出スライス面に対して傾斜した傾斜断層面画像を前記検出スライス面に平行に1群が1列のピクセル列からなる複数のピクセル群に分割し、

前記各ピクセル群毎に、少なくとも前記X線検出器からの検出データのうち、該当するピクセル群のスライス位置近傍の連続するn回転の検出データから各回転毎に2個の検出データを順次選択し、照射角度方向における補間処理を行い、同位相について1に正準規格化された該当するZ軸方向における補間の重み及び逆投影の重みを乗算して規格化ピクセルデータを求め、同位相となるn個の規格化ピクセルデータを加算することでピクセル群画像を再構成し、

これらの再構成された各ピクセル群画像を加算処理して前記傾斜断層面画像を再構成することを特徴とする画像再構成処理装置における画像再構成方法。

【請求項 7】 X線源から放射された扇状のX線ファンビーム又は円錐状のX線コーンビームを対象物に連続回転方式で照射し、この対象物を透過したX線をアキシャル面と想定されるスライス面位置を中心として配列された1列又は複数列のX線検出素子からなるX線検出器により検出し、このX線検出器から得られた検出データに基づいて、前記対象物の断層画像を再構成する画像再構成処理装置において、

前記X線検出器による検出スライス面に対して傾斜した、隣接した複数枚の傾斜断層面画像を再構成する場合に、

前記各傾斜断層面画像を前記検出スライス面に平行にしかも前記各傾斜断層面画像で分割状態が同じになるようにスライスピッチを調整して複数のピクセル群に分割し、

前記X線検出器からの検出データに基づいて、前記各ピクセル群のスライス位置毎に1回転分の投影データを作成し、

前記各ピクセル群毎に該当するスライス位置の投影データを逆投影してピクセル群画像を再構成し、

これらの再構成された各ピクセル群画像を加算処理して前記各傾斜断層面画像を再構成することを特徴とする画

像再構成処理装置における画像再構成方法。

【請求項 8】 X線源から放射された円錐状の X線コーンビームを対象物に定位の連続回転方式で照射し、この対象物を透過した X線をアキシャル面と想定されるスライス面位置を中心として配列された複数列の X線検出素子からなる X線検出器により検出し、この X線検出器から得られた検出データに基づいて、前記対象物の断層画像を再構成する画像再構成処理装置において、前記 X線検出器による検出スライス面に対して傾斜した傾斜断層面画像を前記検出スライス面に平行に複数のピクセル群に分割し、前記 X線検出器からの検出データに基づいて、前記各ピクセル群毎にピクセル群画像を再構成し、これらの再構成された各ピクセル群画像を加算処理して前記傾斜断層面画像を再構成し、新たな回転によりデータが収集された場合に、前記 X線検出器からの前回の回転により得られた検出データと今回の回転により得られた検出データとの差分データを求め、この差分データに基づいて、前記各ピクセル群毎にピクセル群画像の変化を求め、前回の回転により得られた傾斜断層面画像に対して、ピクセル群画像の変化を加えて傾斜断層面画像の更新を行うことを特徴とする画像再構成処理装置における画像再構成方法。

【請求項 9】 X線源から放射された円錐状の X線コーンビームを対象物に連続回転方式で照射し、この対象物を透過した X線をアキシャル面と想定されるスライス面位置を中心として配列された複数列の X線検出素子からなる X線検出器により検出し、この X線検出器から得られた検出データに基づいて、前記対象物の断層画像を再構成する画像再構成処理装置において、前記 X線検出器からの検出データを予め設定されたセンタリング面へ逆投影し、このセンタリング面へ逆投影されたデータを前記 X線検出器による検出スライス面に対して傾斜した傾斜断層面画像を構成するボクセルへ逆投影して、前記傾斜断層面画像を再構成することを特徴とする画像再構成装置における画像再構成方法。

【請求項 10】 複数の逆投影処理を行うユニットを使用して、並列して同時に複数の逆投影処理を行うことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項記載の画像再構成処理装置における画像再構成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、X線源から放射された X線を対象物に照射し、この対象物を透過した X線を X線検出器により検出し、この X線検出器から得られた検出データに基づいて、前記対象物の断層画像を再構成する画像再構成処理装置における画像再構成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 シングルスライス CT (computed tomography) 装置は、図 34 (a) に示すように、X線源 101 から扇状に X線ビームを被写体へ照射し、X線源 101 に対向配置され、X線検出素子を扇状に Nチャンネル (N個)、例えば 1000 チャンネル、を 1 列に並べて構成された 1 次元 X線検出器 102 により、被写体を透過した X線を検出する。そして、X線源 101 及び 1 次元 X線検出器 102 は、被写体を挟んで対向した位置関係を維持しながら、被写体の周囲を回転しながら 1 回転で Kビュー、例えば 1000 ビュー (1000 回)、のデータ収集を行い、1 次元 X線検出器 102 から得られた X線データに基づいて画像 (X線投影画像) を再構成するものである。

【0003】 マルチスライス CT 装置は、図 34 (b) 又は図 35 に示すように、X線源 103 から円錐状に X線ビームを被写体へ照射し、シングルスライス CT 装置用の 1 次元 X線検出器 102 をスライス面に垂直な方向 (Z 軸方向) に M列積層した (Nチャンネル×Mセグメント) ように、X線検出素子を円筒内面上に配置した 2 次元 X線検出器 104、105 により、被写体を透過した X線を検出する。なお、図 34 (b) に示す 2 次元 X線検出器 104 は 4 セグメントの例である。そして、シングルスライス CT 装置と同様に、X線源 103 及び 2 次元 X線検出器 104 は、被写体を挟んだ対向した位置関係を維持しながら、被写体の周囲を回転しながら 1 回転で Kビューのデータ収集を行い、2 次元 X線検出器 104 から得られた X線データに基づいて画像 (X線投影画像) を再構成するものである。

【0004】 図 36 (a) に示すように、シングルスライス CT 装置及びマルチスライス CT 装置では、X線源 101 (103) と 1 次元 (2 次元) X線検出器 102 (104) とが被写体の周囲の同一の円軌道を周回するスタティックスキャン (シングルスキャン又はコンベンショナルスキャン) 方式と、図 36 (b) に示すように、シングルスライス CT 装置では、X線源 101 と 1 次元 X線検出器 102 とが被写体の周囲をらせん状に連続的に周回する、すなわち、X線源 101 と 1 次元 X線検出器 102 とが被写体の周囲の同一の円軌道を周回すると共にその回転と同期して被写体を載置した天板 (寝台) が体軸 (スライス面に垂直な軸) に沿って移動するヘリカルスキャン方式とが行われる。ファンビーム再構成法及びコーンビーム再構成法の例は、特願平 8-1015 号、特願平 8-1213 号及び特願平 8-10218 号の従来の技術及び実施の形態において記載されている。

【0005】 ヘリカルスキャン方式において、所定のスライス面の断層面画像を再構成する場合に、所定のスライス面位置に対応する検出データは、図 37 に示すように、1 ビュー分しかない。なお、図 37 は縦軸に回転位

相、横軸にZ軸(体軸)位置を示し、回転位相 0° と回転位相 360° とは同位相である。X線源101と1次元X線検出器102との軌跡を直線で図示したが、各ビューの検出データはこの直線上に一定間隔で位置する複数(ビューの個数)の点として存在する。

【0006】従って、例えばZ軸上のスライス位置Aにおいては、j番目のビューの検出データが対応する(正確にはスライス位置を任意に選択すると1つのビューの検出データも対応しない場合がある)。

【0007】一般的に1つの断層面画像を再構成するためには、 360° (又は 180°)分のビューの検出データが必要になる。そこで、再構成する断層面画像(スライス面)を挟む同回転位相の2つのビューの検出データにより補間して所定の断層面画像の検出データを求めて、 360° 分の検出データを得る。

【0008】例えば、回転位相 B° のスライス位置Aの検出データCを、前回転(1回転目)における回転位相 B° のビューの検出データB1と後回転(2回転目)における回転位相 B° のビューの検出データB2とから求める。すなわち、検出データB1のZ軸位置とスライス位置Aとの距離L1と検出データB2のZ軸位置とスライス位置Aとの距離L2との比から

$$C = (L1 \cdot B2 + L2 \cdot B1) / (L1 + L2)$$

という式により、スライス位置Aにおける回転位相 B° の検出データが求められる。上述した 360° 補間法の他にも、例えば対向ビーム補間法等の各種補間法により所定のスライス位置における検出データを求めることができる。

【0009】ところで、X線CT装置では、スライス方向(体軸方向、Z軸方向)のX線検出のレスポンス(スライスプロファイル)は、正確には矩形ではなく、単峰形のような崩れた形状で得られる。例えば0.2mmあるいは0.1mm厚の薄い板形状のファントムを使用した時に、X線源から放射されるX線のぼやけ等により検出される検出データはほぼ台形となり、実際のヘリカルピッチtでヘリカルスキャンによる検出データを補間して得たスライスプロファイルでは、図38に示すように単峰形のような崩れた形状となる。このスライスプロファイルにおいて、検出信号強度の最高値I0に対して、その $(1/2) \cdot I0$ の信号強度における幅である実効スライス厚Dは画質を左右する重要な因子となる。

【0010】ヘリカルスキャン方式で得られた検出データを補間して得たアキシャル画像(薄い板形状のファントムの画像)の実効スライス厚は、厚みtをもつ2つのビーム(1回転目のビームと2回転目のビーム)の距離(ヘリカルピッチ)がt離れている時に、およそ実測値で約1.4tとなる。図39に示すように、スライス厚tの間隔で再構成された画像データ(Z軸に垂直な正規スライス面画像)を積み重ねたボクセルデータから、これらの画像データに対して傾いた断面画像(傾斜断層面

画像)Eを切出すMPR処理が知られている。

【0011】このとき、例えば図40(a)及び図40(b)の分割図に示すように、傾斜断層面画像の1つのピクセルを求めるためには、このピクセルを略中心とする隣接する8個のボクセルデータから補間する方法がある。この補間方法の場合には、ボクセルデータの実効スライス厚が約1.4t程度であるから、補間により傾斜断層面画像の厚みは2t以上になる。

【0012】傾斜断層面画像を得る補間しない方法としては、図41に示すように、単純に傾斜断層面画像の各ピクセルに位置的に最も近いボクセルデータをそのまま置換する方法である。この方法では図41に示すように、傾斜断層面画像が階段状のギザギザ画像になる。実際には例えば、腰椎等の異常を観察する際には、上述したように、腰椎に垂直な断面画像をMPR処理で得る方法と、図42に示すように、腰椎位置を確認するためスキュノグラム(ヘリカルスキャンを行わない透視画像のスキャン)を行い、この体側面からの透視画像から目的の腰椎に垂直な傾斜断層面画像位置を指定後、この指定された傾斜断層面画像位置に基づいて、実際のスキャン時にチルト角(架台傾斜角)を逐次適切に制御して、目的のスライス位置に必要な傾斜の傾斜断層面画像のデータを収集するという方法とがある。

【0013】断面画像を観察しながら患部を処置するため、架台を連続的に回転しながらスキャン継続し、断面画像(体軸に垂直なスライス画像)をほぼリアルタイムで再構成するCT透視という技術が知られている。このCT透視という技術は、例えば断面画像を観察しながら、針を刺して確実にバイオプシを行う等の場合に使用される。

【0014】ところで、肺野で針を刺す場合に肋骨が邪魔になり、本来、肋骨を避けて体軸に垂直な面に対して傾いた断面画像が得られれば、針を傾けて挿入するのが最良であるところを、CT透視により再構成された断面画像(スライス画像)を観察しているため、針は体軸に垂直なスライス面に沿って挿入されることになる。これは、スライス画像に基づいているので、安全確実な処置ではあるが最良な処置ではない。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】スキュノグラムを行って、目的の傾斜断層面画像位置を指定し、この指定した傾斜断層面画像位置に基づいて、実際のスキャン時にチルト角を逐次適切に制御して、傾斜断層面画像データを収集するものでは、スキャン時間が長くなり、被検者及び医師の負担が大きいという問題があった。また、MPR処理で傾斜断層面画像を得る方法では、実効スライス厚が厚くなり、得られた傾斜断層面画像がぼやけた像になるという問題があった。近傍ボクセルデータで近似して傾斜断層面画像を得る方法では、ギザギザ画像となるという問題があった。さらに、MPR処理で傾斜断層面

画像を得る方法も近傍ボクセルデータで近似して傾斜断面画像を得る方法でも、1度ボクセルデータを作成した後で得られるため、ボクセルデータを作成する時間以上の時間がかかるという問題があった。

【0016】また、CT透視では所望の傾斜断面画像が得られず、医師は安全確実な処置を行うことができたものの、最良の処置ができないという問題があった。

【0017】そこでこの発明は、医師が所望とする傾斜断面画像を実効スライス厚を薄く短時間で得ることができる画像再構成処理装置における画像再構成方法を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】請求項1対応の発明は、X線源から放射された扇状のX線ファンビーム又は円錐状のX線コーンビームを対象物に連続回転方式で照射し、この対象物を透過したX線をアキシャル面と想定されるスライス面位置を中心として配列された1列又は複数列のX線検出素子からなるX線検出器により検出し、このX線検出器から得られた検出データに基づいて、対象物の断面画像を再構成する画像再構成処理装置において、X線検出器による検出スライス面に対して傾斜した傾斜断面画像を検出スライス面に平行に複数のピクセル群に分割し、X線検出器からの検出データに基づいて、各ピクセル群毎に1回転分の投影データを作成し、各ピクセル群毎に該当する投影データを逆投影してピクセル群画像を再構成し、これらの再構成された各ピクセル群画像を加算処理して傾斜断面画像を再構成するものである。

【0019】請求項2対応の発明は、請求項1対応の発明において、各ピクセル群は、検出スライス面に平行な1列のピクセル列である。請求項3対応の発明は、請求項1及び請求項2のいずれか1項対応の発明において、投影データを作成するときには、X線検出器からの検出データをコンボリューション処理した後、補間処理してピクセル群の該当するスライス位置の投影データを作成するものである。

【0020】請求項4対応の発明は、請求項1及び請求項2のいずれか1項対応の発明において、投影データを作成するときには、X線検出器からの検出データを予め補間処理して、スライス位置のピッチの最小単位で補間検出データを作成し、各ピクセル群毎に、該当する補間検出データをコンボリューション処理して投影データを作成するものである。

【0021】請求項5対応の発明は、X線源から放射された扇状のX線ファンビーム又は円錐状のX線コーンビームを対象物に連続回転方式で照射し、この対象物を透過したX線をアキシャル面と想定されるスライス面位置を中心として配列された1列又は複数列のX線検出素子からなるX線検出器により検出し、このX線検出器から得られた検出データに基づいて、対象物の断面画像を再

構成する画像再構成処理装置において、X線検出器による検出スライス面に対して傾斜した傾斜断面画像を検出スライス面に平行に1群が1列のピクセル列からなる複数のピクセル群に分割し、各ピクセル群毎に、少なくともX線検出器からの検出データのうち、該当するピクセル群のスライス位置近傍の連続する2回転分の検出データから各回転について2個ずつのそれぞれ同位相の合計4個の検出データを順次選択し、Z軸方向及び照射角度方向における補間処理を行って補間検出データを求め、この補間検出データを逆投影してピクセル群画像を再構成し、これらの再構成された各ピクセル群画像を加算処理して傾斜断面画像を再構成するものである。

【0022】請求項6対応の発明は、X線源から放射された扇状のX線ファンビーム又は円錐状のX線コーンビームを対象物に連続回転方式で照射し、この対象物を透過したX線をアキシャル面と想定されるスライス面位置を中心として配列された1列又は複数列のX線検出素子からなるX線検出器により検出し、このX線検出器から得られた検出データに基づいて、対象物の断面画像を再構成する画像再構成処理装置において、X線検出器による検出スライス面に対して傾斜した傾斜断面画像を検出スライス面に平行に1群が1列のピクセル列からなる複数のピクセル群に分割し、各ピクセル群毎に、少なくともX線検出器からの検出データのうち、該当するピクセル群のスライス位置近傍の連続するn回転の検出データから各回転毎に2個の検出データを順次選択し、照射角度方向における補間処理を行い、同位相について1に正準規格化された該当するZ軸方向における補間の重み及び逆投影の重みを乗算して規格化ピクセルデータを求め、同位相となるn個の規格化ピクセルデータを加算することでピクセル群画像を再構成し、これらの再構成された各ピクセル群画像を加算処理して傾斜断面画像を再構成するものである。

【0023】請求項7対応の発明は、X線源から放射された扇状のX線ファンビーム又は円錐状のX線コーンビームを対象物に連続回転方式で照射し、この対象物を透過したX線をアキシャル面と想定されるスライス面位置を中心として配列された1列又は複数列のX線検出素子からなるX線検出器により検出し、このX線検出器から得られた検出データに基づいて、対象物の断面画像を再構成する画像再構成処理装置において、X線検出器による検出スライス面に対して傾斜した、隣接した複数枚の傾斜断面画像を再構成する場合に、各傾斜断面画像を検出スライス面に平行にしかも各傾斜断面画像で分割状態が同じになるようにスライスピッチを調整して複数のピクセル群に分割し、X線検出器からの検出データに基づいて、各ピクセル群のスライス位置毎に1回転分の投影データを作成し、各ピクセル群毎に該当するスライス位置の投影データを逆投影してピクセル群画像を再構成し、これらの再構成された各ピクセル群画像を加算

処理して各傾斜断層面画像を再構成するものである。

【0024】請求項8対応の発明は、X線源から放射された円錐状のX線コーンビームを対象物に定位の連続回転方式で照射し、この対象物を透過したX線をアキシャル面と想定されるスライス面位置を中心として配列された複数列のX線検出素子からなるX線検出器により検出し、このX線検出器から得られた検出データに基づいて、対象物の断層画像を再構成する画像再構成処理装置において、X線検出器による検出スライス面に対して傾斜した傾斜断層面画像を検出スライス面に平行に複数のピクセル群に分割し、X線検出器からの検出データに基づいて、各ピクセル群毎にピクセル群画像を再構成し、これらの再構成された各ピクセル群画像を加算処理して傾斜断層面画像を再構成し、新たな回転によりデータが収集された場合に、X線検出器からの前回の回転により得られた検出データと今回の回転により得られた検出データとの差分データを求め、この差分データに基づいて、各ピクセル群毎にピクセル群画像の変化を求め、前回の回転により得られた傾斜断層面画像に対して、ピクセル群画像の変化を加えて傾斜断層面画像の更新を行うものである。

【0025】請求項9対応の発明は、X線源から放射された円錐状のX線コーンビームを対象物に連続回転方式で照射し、この対象物を透過したX線をアキシャル面と想定されるスライス面位置を中心として配列された複数列のX線検出素子からなるX線検出器により検出し、このX線検出器から得られた検出データに基づいて、対象物の断層画像を再構成する画像再構成処理装置において、X線検出器からの検出データを予め設定されたセンタリング面へ逆投影し、このセンタリング面へ逆投影されたデータをX線検出器による検出スライス面に対して傾斜した傾斜断層面画像を構成するボクセルへ逆投影して、傾斜断層面画像を再構成するものである。請求項10対応の発明は、請求項1乃至請求項9のいずれか1項対応の発明において、複数の逆投影処理を行うユニットを使用して、並列して同時的に複数の逆投影処理を行うものである。

【0026】

【発明の実施の形態】この発明の第1の実施の形態を図1乃至図7を参照して説明する。図1は、この発明を適用した画像再構成方法を使用するX線CT装置の概略の構成を示すブロック図である。投影データ測定系としてのガントリ(架台)1は、扇形状のファンビームのX線束を発生するX線源3と、複数のX線検出素子を1列に配列した1次元アレイ型の1次元X線検出器5とを収容する。前記X線源3と前記1次元X線検出器5とは、寝台6のスライド天板上に載置された被検体を挟んで対向した状態で回転リング2に装備される。前記1次元X線検出器5としては、複数(1000チャンネル)の検出素子が、1次元的に1列に配列して構成したもの(図1(

a)参照)で、前記回転リング2に実装される。ここで、1つの検出素子は1チャンネルに相当するものと定義する。

【0027】前記X線源3からのX線はX線フィルタ4を介して被検体に曝射される。被検体を通過したX線は前記1次元X線検出器5で電気信号として検出される。X線制御器8は高圧発生器7にトリガ信号を供給する。この高圧発生器7はトリガ信号を受けたタイミングで前記X線源3に高電圧を印加する。これによりX線源3からはX線が曝射される。

【0028】架台寝台制御器9は、前記ガントリ1の前記回転リング2の回転と、前記寝台6のスライド天板のスライドとを同期して制御する。システム全体の制御中枢としてのシステム制御器10は、被検体から見て前記X線源3が螺旋軌道を移動するいわゆる連続回転(例えばヘリカルスキャン)を実行するように、前記X線制御器8と前記架台寝台制御器9を制御する。具体的には、前記回転リング2が一定の角速度で連続回転し、前記寝台6のスライド天板が一定の速度で移動し、前記X線源3から連続的又は一定角度毎に間欠的にX線が曝射される。

【0029】前記1次元X線検出器5からの出力信号は、チャンネル毎にデータ収集部11で増幅され、ディジタル信号に変換される。このデータ収集部11から出力される投影データは、再構成処理部12に取り込まれる。この再構成処理部12は、投影データに基づいてボクセル毎にX線吸収率を反映した逆投影データを求める。

【0030】ファンビームを使用した連続回転方式のX線CT装置において、有効視野(FOV、撮影領域)は、連続回転の回転中心軸を中心として円筒形状となり、再構成処理部12は、この有効視野に複数のボクセル(3次元的に配置された画素)を規定し(図39参照)、1次元X線検出器5からの投影データから各ボクセルの逆投影データを求める。この逆投影データに基づいて作成された3次元画像データ又は断層像データは表示装置14に送られ3次元画像又は断層像としてビジュアルに表示される。

【0031】図2に示すように、このX線CT装置のジオメトリは、

検出器列数	M=1セグメント、
チャンネル数	N=1000チャンネル、
スライス厚	t mm
焦点-回転中心間距離	FCD(Focus-center-Distance)=600 mm、
焦点-検出器間距離	FDD(Focus-Detector-Distance)=1200 mm、
有効視野直径	FOV(Field of View)=500 mm、
有効視野角(ファン角)	$\theta=50^\circ$

となっている。

【0032】図3は、図1に示す前記再構成処理部12の構成を示すブロック図である。この再構成処理部12は、再構成処理制御部21と、データメモリ22と、逆投影ブロック23と、画像メモリ24と、画像加算部25とから構成されている。前記データメモリ22には、前記データ収集部11により収集され、補正処理及びコンポリューション処理されたコンポリューションデータが記憶されると共に、目的とする傾斜断面画像の分割指定データが記憶される。なお、この第1の実施の形態

では、傾斜断面画像をZ軸に垂直に（スライス面に平行に）4分割するので、分割指定データは、それらの各分割領域毎に、逆投影開始データ位置、逆投影ピッチ、逆投影開始点（加算開始点）、計算回数等が記憶されている。

【0033】前記再構成処理制御部21は、この再構成処理部12の制御部本体として、前記逆投影ブロック23を使用して、前記データメモリ22に記憶されたデータを各ボクセルへ逆投影して、この逆投影処理して得たデータは、前記画像加算部25を介して前記画像メモリ

に24に加算記憶される。

【0034】前記逆投影ブロック23は、第1の逆投影部23-1、第2の逆投影部23-2、第3の逆投影部23-3、第4の逆投影部23-4のそれぞれ独立して平行処理が可能な4個の逆投影部から構成されている。これらの各逆投影部23-1～23-4は、それぞれ図4に示すように、メモリ26と、逆投影演算部27と、データアドレス重み発生器28とから構成されている。

【0035】前記メモリ26には、傾斜断面画像の1つの分割領域に対応するコンポリューションデータ及びその分割領域の逆投影開始データ位置、逆投影ピッチ、逆投影開始点（加算開始点）、計算回数（ピクセル数）が転送されて記憶される。前記逆投影演算部27は、前記メモリ26に記憶された逆投影開始データ位置、逆投影ピッチ、逆投影開始点（加算開始点）、計算回数に基づき、データアドレス重み発生器28を使用して、前記メモリ26から順番に2つのコンポリューションデータを選択し、アドレスを発生させ、重み付けにより補間して、そのアドレスの補間データを得る。

【0036】なお、この第1の実施の形態では、コンポリューション処理された後にデータの補間処理が行われるが、コンポリューション処理前の補正処理された生データに対して補間処理を行っても良いものである。そして、前記逆投影演算部27は、コンポリューションデータの補間データに所定の重みを乗算して、前記再構成処理制御部21へ出力する。

【0037】このような構成の第1の実施の形態においては、図5に示す傾斜画像再構成処理の流れに基づいて、再構成処理制御部21が傾斜断面画像を直接再構成する。

【0038】まず、ステップ1（ST1）の処理として、予備的な撮影として行われたスキャノグラム撮影により得られた画像から設定された傾斜断面画像をZ座標にしたがって複数に分割する。例えば図6に示すように4つの分割領域Z1、Z2、Z3、Z4に分割する。この分割の方法については、マニュアル操作により指示入力されたデータに基づいて分割しても良いし、また予めスライス厚さを設定しておき、このスライス厚さで順番に分割しても良いものである。

【0039】次に、ステップ2（ST2）の処理として、データ収集部11で収集され、各種補正が行われた検出データに対して、分割された領域毎に、例えば360°補間法等のヘリカル補間を行い、分割された領域のZ座標における1回転分（360°分）のデータを作成する。ステップ3（ST3）の処理として、ステップ2の処理で分割領域毎に作成された1回転分のデータをそれぞれコンポリューション処理する。

【0040】各分割領域の1回転分のデータが作成終了すると、ステップ4（ST4）の処理として、各分割領域を各逆投影部23-1～23-4に割当て、ステップ3の処理で分割領域毎に作成されたコンポリューション処理されたデータと共に分割領域毎に逆投影するためのデータ（逆投影開始データ位置A、逆投影ピッチΔ、逆投影開始点B、計算回数（ピッチ数）等）を各逆投影部23-1～23-4のそれぞれのメモリ26に転送する。

【0041】ステップ5（ST5）の処理として、後述するように、各逆投影部23-1～23-4により分割領域毎の直接逆投影処理を並列的に行う。各逆投影部23-1～23-4による逆投影処理を終了すると、ステップ6（ST6）の処理として、図7に示すように、各逆投影部23-1～23-4から得られた各分割領域の画像データを画像メモリ24で加算して、傾斜断面画像のデータを完成させ、この傾斜画像再構成処理を終了するようになっている。

【0042】図8は、前述したステップ5の処理において各逆投影部23-1～23-4で行われる逆投影処理の流れを示す図である。なお、ここでは第1の逆投影部23-1で行われる逆投影処理について説明し、他の各逆投影部23-2～23-4で行われる逆投影処理も同様であるので、その説明は省略する。まず、ステップ7（ST7）の処理として、1次元X線検出器5のビュー数（例えば1000）をメモリ26に形成されたビュー数カウンタにセットし、ステップ8（ST8）の処理として、再構成処理制御部21により転送されメモリ26に記憶された割当てられた分割領域の逆投影のためのデータに基づいて、メモリ26に形成された列数カウンタにその割当てられた分割領域の全列数をセットする。

【0043】次に、ステップ9（ST9）の処理として、列数カウンタにセットされているデータ及びメモリ26に記憶されたデータに基づいて、メモリ26に形成

されたピクセル数カウンタにその割当てられた分割領域の該当する列のピクセル数(計算回数)をセットする。ステップ10(ST10)の処理として、メモリ26に記憶された逆投影開始データ位置及び逆投影ピッチに基づいて、図9に示すように(より判り易くするために、この図9では、第2の分割領域に対する第2の逆投影部による1ビューにおける逆投影処理を示す。Aは逆投影開始データ位置、Bは逆投影開始点、Δは逆投影ピッチ)、逆投影するピクセルに対して、ヘリカル補間及びコンボリューション処理された2つのデータを選択し、この2つのデータに対してデータアドレス重み発生器28により発生させた重みにより重み付き補間を行い、ステップ11(ST11)の処理として、この重み付き補間されたデータに逆投影の重みを乗算する。なお、この逆投影処理においては、Aからの補間データ列を一旦センタリング線に逆投影し、このセンタリング線からBからのピクセル列へ逆投影するセンタリング処理を行うようになっている。

【0044】ステップ12(ST12)の処理として、この逆投影の重みを乗算したデータをメモリ26の該当ピクセルに対応する位置(アドレス)に加算する。ステップ13(ST13)の処理として、ピクセル数カウンタのカウント値が0であるか否かを判断する。ここで、ピクセル数カウンタのカウント値が0ではないと判断すると、ピクセル数カウンタのカウント値に対して-1の減算処理を行い、逆投影処理を次のピクセルへ移行させ、再び前述のステップ10の処理へ戻るようになっている。

【0045】また、ピクセル数カウンタのカウント値が0であると判断すると、1ビューにおける分割領域のその1列への逆投影処理が終了したことになるので、ステップ15(ST15)の処理として、列数カウンタのカウント値が0であるか否かを判断する。ここで、列数カウンタのカウント値が0ではないと判断すると、列数カウンタのカウント値に対して-1の減算処理を行い、逆投影処理を次の列へ移行させ、再び前述のステップ9の処理へ戻るようになっている。

【0046】また、列数カウンタのカウント値が0であると判断すると、1ビューにおける分割領域への逆投影処理が終了したことになるので、ステップ16(ST16)の処理として、ビュー数カウンタのカウント値が0であるか否かを判断する。ここで、ビュー数カウンタのカウント値が0ではないと判断すると、逆投影処理を次のビューへ移行させ、再び前述のステップ8の処理へ戻るようになっている。また、ビュー数カウンタのカウント値が0であると判断すると、全ビューにおける分割領域への逆投影処理が終了したことになるので、この各逆投影部の逆投影処理を終了するようになっている。なお、各ビューにおいては、例えば図10に示すように、各分割領域で必要とする逆投影領域が異なる。図10(

a)は第1の分割領域Z1における各ビューでの必要とする逆投影領域を示し、図10(b)は第2の分割領域Z2における各ビューでの必要とする逆投影領域を示している。

【0047】このようにこの第1の実施の形態によれば、傾斜断面画像をボクセルデータを作成した後で再構成するのではなく、ボクセルデータを介さずに1次元X線検出器5から収集されたデータから直接再構成することができる。この直接の再構成では、逆投影の演算回数は、

(画像の全ピクセル数)×(ビュー数)

となり、これは通常の傾斜のないアキシャル断面(Z軸に垂直なスライス面)の1枚の画像における逆投影の演算回数と等しい。データ収集後の画像再構成処理の計算時間のうち、この逆投影演算が大きな割合(場合によっては90%)を占めているので、傾斜断面画像の再構成処理として処理時間の短縮を図ることができる。

【0048】なお、この第1の実施の形態では、傾斜断面画像の分割数と並列して逆投影処理できる逆投影部の個数とを同じにして、分割領域毎に並列の逆投影処理するものについて説明したが、この発明はこれに限定されるものではなく、例えば、逆投影部の個数をビュー数と同一にして、ビュー毎に並列して逆投影処理しても良いものである。なお、この第1の実施の形態では、シングルスライスCT装置について説明したが、この発明はこれに限定されるものではなく、2次元X線検出器を使用したマルチスライスCT装置のヘリカルスキャンでないスキャン方法にも適用できるものである。

【0049】例えば、4列のマルチスライスCT装置でスタティックスキャンを行った時、図6に示す傾斜断面画像の各分割領域をZ1=1列目、Z2=2列目、Z3=3列目、Z4=4列目と対応するように形成して、傾斜面画像再構成処理(図5参照)において各ヘリカル補間(ST2)の代わりに「該当列のデータ読込」とすれば、ヘリカル補間をする必要がなく簡単に傾斜断面画像を直接再構成することができる。

【0050】この発明の第2の実施の形態を図11及び図12を参照して説明する。なお、この第2の実施の形態は、前述の第1の実施の形態における傾斜画像再構成処理の内容が異なるだけで、基本的なハードウェアの構成は同一であるので、同一部材には同一符号を付してその説明は省略する。この第2の実施の形態においては、図11に示す傾斜画像再構成処理の流れに基づいて、再構成処理制御部21が傾斜断面画像を直接再構成する。

【0051】まず、ステップ21(ST21)の処理として、予備的な撮影として行われたスキャノグラム撮影により得られた画像から設定された傾斜断面画像をZ座標に垂直にすなわち検出スライス面に平行にZ座標の単位で分解する。次に、ステップ22(ST22)の処

理として、データ収集部11で収集され、各種補正が行われた検出データに対して、コンボリューション処理を行い、ステップ23(ST23)の処理として、Z座標毎に360°補間法等のヘリカル補間を行い、各Z座標における1回転分のデータを作成する。なお、このヘリカル補間では、1次元X線検出器5から得られた全てのチャンネル分のデータについて行う必要はなく、必要最低限の範囲のチャンネル分だけヘリカル補間すれば、補間処理にかかる時間を短縮することができる。

【0052】各Z座標における1回転分のデータが作成終了すると、ステップ24(ST24)の処理として、1次元X線検出器5のビュー数(例えば1000)をデータメモリ22に形成されたビュー数カウンタにセットし、ステップ25(ST25)の処理として、ステップ21の処理で分解された傾斜断面画像のZ座標範囲から導かれる逆投影する列数をデータメモリ22に形成された列数カウンタにセットする。

【0053】次に、ステップ26(ST26)の処理として、次の4列のピクセルデータに対応する、4セット分(各1回転分)のヘリカル補間された該当するZ座標のコンボリューションデータと共に各4列のピクセルデータに逆投影するためのデータ(逆投影開始データ位置A、逆投影ピッチΔ、逆投影開始点B、計算回数(ピッチ数)等)を各逆投影部23-1~23-4のそれぞれのメモリ26へ転送する。

【0054】ステップ27(ST27)の処理として、後述するように、各逆投影部23-1~23-4によりそれぞれ1列ずつ直接逆投影処理を並列的に行う。各逆投影部23-1~23-4による逆投影処理を終了すると、ステップ28(ST28)の処理として、各逆投影部23-1~23-4のそれぞれのメモリ26に記憶された1列の画像データを画像加算部25を介して画像メモリ24の該当する列位置に加算する。

【0055】次に、ステップ29(ST29)の処理として、列数カウンタのカウント値が0か否かを判断する。ここで、列数カウンタのカウント値が0ではないと判断すると、ステップ30(ST30)の処理として、列数カウンタのカウント値に対して-4の減算処理を行い、逆投影処理を次の4列へ移行させ、再び前述のステップ26の処理へ戻るようになっている。

【0056】また、列数カウンタのカウント値が0であると判断すると、1ビューにおける傾斜断面画像(ピクセル)への逆投影処理が終了したことになるので、ステップ31(ST31)の処理として、ビュー数カウンタのカウント値が0であるか否かを判断する。ここで、ビュー数カウンタのカウント値が0ではないと判断すると、ビュー数カウンタのカウント値に対して-1の減算処理を行い、逆投影処理を次のビューへ移行させ、再び前述のステップ25の処理へ戻るようになっている。また、ビュー数カウンタのカウント値が0であると判断す

ると、全ビューにおける傾斜断面画像(ピクセル)への逆投影処理が終了したことになるので、この傾斜画像再構成処理を終了するようになっている。

【0057】図12は、前述したステップ27の処理において各逆投影部23-1~23-4で行われる逆投影処理の流れを示す図である。なお、ここでは第1の逆投影部23-1で行われる逆投影処理について説明し、他の各逆投影部23-2~23-4で行われる逆投影処理も同様であるので、その説明は省略する。まず、ステップ33(ST33)の処理として、列数カウンタのカウント値及びメモリ26に記憶されたデータに基づいて、メモリ26に形成されたピクセル数カウンタに該当する列のピクセル数(計算回数)をセットする。

【0058】次に、ステップ34(ST34)の処理として、メモリ26に記憶された逆投影開始データ位置及び逆投影ピッチに基づいて、逆投影するピクセルに対して、コンボリューション処理及びヘリカル補間された2つのデータを選択し、この2つのデータに対してデータアドレス重み発生器28により発生させた重みで重み付き補間を行い、ステップ35(ST35)の処理として、この重み付き補間されたデータに逆投影の重みを乗算する。

【0059】ステップ36(ST36)の処理として、この逆投影の重みを乗算したデータをメモリ26の該当ピクセルに対応する位置(アドレス)に加算する。次に、ステップ37(ST37)の処理として、ピクセル数カウンタのカウント値が0であるか否かを判断する。ここで、ピクセル数カウンタのカウント値が0ではないと判断すると、ステップ38(ST38)の処理として、ピクセル数カウンタのカウント値に対して-1の減算処理を行い、逆投影処理を次のピクセルへ移行させ、再び前述のステップ34の処理へ戻るようになっている。

【0060】また、ピクセル数カウンタのカウント値が0であると判断すると、1ビューにおける傾斜断面画像の1列(Z座標が同じ)への逆投影処理が終了したことになるので、この各逆投影部の逆投影処理を終了するようになっている。この各逆投影部の逆投影処理を終了すると、再び前述の傾斜画像再構成処理に戻るようになっている。

【0061】このようにこの第2の実施の形態によれば、傾斜断面画像をZ座標の精度で直接再構成することができ、しかもほとんど傾斜のないアキシャル断面の1枚の画像における逆投影の演算回数と等しいので、第1の実施の形態と同様に傾斜断面画像の再構成処理として処理時間の短縮を図ることができる。なお、この第2の実施の形態では、シングルスライスCT装置について説明したが、この発明はこれに限定されるものではなく、2次元X線検出器を使用したマルチスライスCT装置にも適用できるものである。

17

【0062】このマルチスライスCT装置に適用した場合には、ヘリカル補間として位相角度の同じデータから所定のZ座標におけるデータを求めるフィルタ補間法を使用することも可能である。

【0063】さらに、この第2の実施の形態では、コンボリューション処理後にヘリカルスキンの補間を行うことにより、ヘリカルスキンの補間を行った後にコンボリューション処理を行う場合に比べて、コンボリューション処理の回数を削減して、画像再構成処理にかかる時間を短縮することができる。

【0064】すなわち、ヘリカルスキンの補間を行った後にコンボリューション処理を行う場合は、2回転分(2スライス分)のX線検出データから、ヘリカルスキンの補間によりZ座標に沿ってnスライス分のデータを作成し、これらのnスライス分のデータをそれぞれコンボリューション処理することになるが、この第2の実施の形態のコンボリューション処理後にヘリカルスキンの補間を行う場合は、2回転分(2スライス分)のX線検出データをコンボリューション処理して、このコンボリューション処理した2スライス分のデータから、ヘリカルスキンの補間によりZ座標に沿ってnスライス分のデータを作成することになる。

【0065】従って、コンボリューション処理としては、この第2の実施の形態では2スライス分で済むのに比べて、ヘリカルスキンの補間を行った後にコンボリューション処理を行う方法では、nスライス分が必要である。

【0066】なお、ヘリカルスキンの補間を行った後にコンボリューション処理を行う方法としては、予めヘリカルスキンの補間により必要な位相の補間データをZ座標方向に細かいスライスピッチで大量に作成しておき、該当するスライス位置の補間データを選択し、この選択した補間データに対してコンボリューション処理を行った後、該当するピクセルに逆投影しても良いものである。この場合、大量の補間データを作成するため、ヘリカルスキンの重みのデータをテーブル等に記憶しておき、ヘリカルスキンの補間を行うときには、その補間の重みは、その度にX線検出データのスライス位置と所望のスライス位置との関係から算出するのではなく、テーブル等から呼出して使用するものである。またこの第2の実施の形態をマルチスライスのスタティックスキンのものに適用した場合には、フィルタ補間を使用することができ、このフィルタ補間の使用により、より高画質な画像を得ることができる。

【0067】この発明の第3の実施の形態を図13乃至図15を参照して説明する。なお、この第3の実施の形態も、前述の第2の実施の形態と同様に、前述の第1の実施の形態における傾斜画像再構成処理の内容が異なるだけで、基本的なハードウェアの構成は同一であるので、同一部材には同一符号を付してその説明は省略す

18

る。この第3の実施の形態においては、図13に示す傾斜画像再構成処理の流れに基づいて、再構成処理制御部21が傾斜断面画像を直接再構成する。

【0068】まず、ステップ41(ST41)の処理として、予備的な撮影として行われたスキャノグラム撮影により得られた画像から設定された傾斜断面画像をZ軸に垂直にすなわち検出スライス面に平行にZ座標の単位で分解する。次に、ステップ42(ST42)の処理として、データ収集部11で収集され、各種補正が行われた検出データに対して、コンボリューション処理を行う。

【0069】次に、ステップ43(ST43)の処理として、1次元X線検出器5のビュー数(例えば1000)をデータメモリ22に形成されたビュー数カウンタにセットし、ステップ44(ST44)の処理として、ステップ41の処理で分解された傾斜断面画像のZ座標範囲から導かれる逆投影する列数をデータメモリ22に形成された列数カウンタにセットする。

【0070】これらの各カウンタへのセットが終了すると、ステップ45(ST45)の処理として、次の4列のピクセルデータに対応する、2回転分のコンボリューションデータと共に各4列のピクセルデータに逆投影するためのデータ(逆投影開始データ位置、データ回転位置、逆投影ピッチ(チャンネルピッチ)、データ回転ピッチ(Z座標方向の1回転の移動量)、逆投影開始点、計算回数(ピッチ数)等)を各逆投影部23-1~23-4のそれぞれのメモリ26へ転送する。

【0071】次に、ステップ46(ST46)の処理として、後述するように、各逆投影部23-1~23-4によりそれぞれ1列ずつ直接逆投影処理を並列的に行う。各逆投影部23-1~23-4による逆投影処理を終了すると、ステップ47(ST47)の処理として、各逆投影部23-1~23-4のそれぞれのメモリ26に記憶された1列の画像データを画像加算部25を介して画像メモリ24の該当する列位置に加算する。

【0072】次に、ステップ48(ST48)の処理として、列数カウンタのカウント値が0か否かを判断する。ここで、列数カウンタのカウント値が0ではないと判断すると、ステップ49(ST49)の処理として、列数カウンタのカウント値に対して-4の減算処理を行い、逆投影処理を次の4列へ移行させ、再び前述のステップ45の処理へ戻るようになっている。

【0073】また、列数カウンタのカウント値が0であると判断すると、1ビューにおける傾斜断面画像(ピクセル)への逆投影処理が終了したことになるので、ステップ50(ST50)の処理として、ビュー数カウンタのカウント値が0であるか否かを判断する。ここで、ビュー数カウンタのカウント値が0ではないと判断すると、ステップ51(ST51)の処理として、ビュー数カウンタのカウント値に対して-1の減算処理を行い、

逆投影処理を次のビューへ移行させ、再び前述のステップ44の処理へ戻るようになっている。また、ビュー数カウンタのカウント値が0であると判断すると、全ビューにおける傾斜断面画像(ピクセル)への逆投影処理が終了したことになるので、この傾斜画像再構成処理を終了するようになっている。

【0074】図14は、前述したステップ46の処理において各逆投影部23-1~23-4で行われる各投影部の逆投影処理の流れを示す図である。なお、ここでは第1の逆投影部23-1で行われる逆投影処理について説明し、他の各逆投影部23-2~23-4で行われる逆投影処理も同様であるので、その説明は省略する。まず、ステップ52(ST52)の処理として、列数カウンタのカウント値及びメモリ26に記憶されたデータに基づいて、メモリ26に形成されたピクセル数カウンタに該当する列のピクセル数(計算回数)をセットする。

【0075】次に、ステップ53(ST53)の処理として、メモリ26に記憶された逆投影開始データ位置D*

$$W_r = D_{rj} + \Delta r \cdot (k-1) - N_{rk} \quad \dots (1)$$

$$N_{rk} = \text{INT}(D_{rj} + \Delta r \cdot (k-1)) \quad \dots (2)$$

$$W_h = D_{hj} + \Delta h \cdot (k-1) - N_{hk} \quad \dots (3)$$

$$N_{hk} = \text{INT}(D_{hj} + \Delta h \cdot (k-1)) \quad \dots (4)$$

$$D_p = (1 - W_r) \cdot \{ (1 - W_h) \cdot D_{(m,n)} + W_h \cdot D_{(m,n+1)} \} \\ + W_r \cdot \{ (1 - W_h) \cdot D_{(m+1,n)} + W_h \cdot D_{(m+1,n+1)} \} \quad \dots (5)$$

【0078】次に、ステップ54(ST54)の処理として、この重み付き補間されたデータに逆投影の重みW_bを乗算する。

【0079】ここで、ステップ55(ST55)の処理として、この逆投影の重みを乗算したデータをメモリ26の該当ピクセルに対応する位置(アドレス)に加算する。次に、ステップ56(ST56)の処理として、ピクセル数カウンタのカウント値が0であるか否かを判断する。ここで、ピクセル数カウンタのカウント値が0ではないと判断すると、ステップ57(ST57)の処理として、ピクセル数カウンタのカウント値に対して-1の減算処理を行い、逆投影処理を次のピクセルへ移行させ、再び前述のステップ53の処理へ戻るようになっている。

【0080】また、ピクセル数カウンタのカウント値が0であると判断すると、1ビューにおける傾斜断面画像の1列(Z座標が同じ)への逆投影処理が終了したことになるので、この各逆投影部の逆投影処理を終了すると、再び前述の傾斜画像再構成処理に戻るようになっている。

【0081】このようにこの第3の実施の形態によれば、前述の第2の実施の形態と同様な効果を得ることができる。なお、上述したステップ53の処理及びステッ

* h_j、データ回転位置D_{rj}、逆投影ピッチΔh、データ回転ピッチΔrに基づいて、逆投影するピクセルに対して4個のコンボリューションデータ(m回転目の該当するビューのnチャンネル目及びn+1チャンネル目の2個のデータD_(m,n)、D_(m,n+1)、m+1回転目の該当するビューのnチャンネル目及びn+1チャンネル目の2個のD_(m+1,n)、D_(m+1,n+1))を選択し、この4個のデータに対してデータアドレス重み発生器28により発生させたヘリカル補間(Z軸方向の補間)用の重みW_r及びチャンネル方向の補間用の重みW_hで重み付き補間を行う。

【0076】なお以下に示す、式(1)はヘリカル補間用の重みW_rの算出式、式(2)は式(1)におけるN_{rk}の算出式、式(3)はチャンネル方向の補正用の重みW_hの算出式、式(4)は式(3)におけるN_{hk}の算出式の一例である。

【0077】

【数1】

プ54の処理において、図15に示すように、同一回転における位相の異なる2つのデータに対するチャンネル方向のW_hの重み付き補間C1、C2を並列処理により行い、これらの並列処理C1、C2により得られたデータに対してZ軸方向の(ヘリカルスキャンに相当する)W_rの重み付き補間C12をパイプライン処理で接続すれば、処理の高速化をさらに向上させることができる。なお、この第3の実施の形態においてもマルチスライスCT装置においても適用できるものである。

【0082】この発明の第4の実施の形態を図16乃至図23を参照して説明する。なお、この第4の実施の形態も、前述の各実施の形態と同様に、前述の第1の実施の形態における傾斜画像再構成処理の内容が異なるだけで、基本的なハードウェアの構成は同一であるので、同一部材には同一符号を付してその説明は省略する。この第4の実施の形態においては、図16に示す傾斜画像再構成処理の流れに基づいて、再構成処理制御部21が傾斜断面画像を直接再構成する。

【0083】まず、ステップ61(ST61)の処理として、予備的な撮影として行われたスキャノグラム撮影により得られた画像から設定された傾斜断面画像をZ座標の単位で分解する。次に、ステップ62(ST62)の処理として、データ収集部11で収集され、各種補正が行われた検出データに対して、コンボリューション

処理を行う。

【0084】次に、ステップ63(ST63)の処理として、後述するヘリカル補間用の重み W_r による逆投影処理を行い、この W_r による逆投影処理を終了すると、ステップ64(ST64)の処理として、 $(1-W_r)$ による逆投影処理を行い、この $(1-W_r)$ による逆投影処理を終了すると、この傾斜画像再構成処理を終了するようになっている。

【0085】図17は、前述したステップ62の処理の W_r による逆投影処理及び前述したステップ63の処理の $(1-W_r)$ による逆投影処理の流れを示す図である。 $(1-W_r)$ による逆投影処理は、 W_r による逆投影処理中の W_r が $(1-W_r)$ に置き換わるだけである。まず、ステップ65(ST65)の処理として、1次元X線検出器5のビュー数(例えば1000)をデータメモリ22に形成されたビュー数カウンタにセットし、ステップ66(ST66)の処理として、前述の傾斜画像再構成処理のステップ61の処理で分解された傾斜断層面画像のZ座標範囲から導かれる逆投影する列数をデータメモリ22に形成された列数カウンタにセットする。

【0086】これらの各カウンタへのセットが終了すると、ステップ67(ST67)の処理として、次の4列のピクセルデータに対応する、2回転分のコンボリューションデータと共に各4列のピクセルデータに逆投影するためのデータ(逆投影開始データ位置、データ回転位置、逆投影ピッチ(チャンネルピッチ)、データ回転ピッチ(Z座標方向の1回転の移動量)、逆投影開始点、計算回数(ピッチ数等))を各逆投影部23-1~23-4のそれぞれのメモリ26へ転送する。

【0087】次に、ステップ68(ST68)の処理として、後述する各逆投影部の W_r (又は $1-W_r$)による逆投影処理を行い、この W_r (又は $1-W_r$)による逆投影処理を終了すると、ステップ69(ST69)の処理として、各逆投影部23-1~23-4のそれぞれのメモリ26に記憶された1列の画像データを画像加算部25を介して画像メモリの該当する列位置に加算する。

【0088】次に、ステップ70(ST70)の処理として、列数カウンタのカウント値が0か否かを判断する。ここで列数カウンタのカウント値が0ではないと判断すると、ステップ71(ST71)の処理として、列数カウンタのカウント値に対して-4の減算処理を行い、逆投影処理を次の4列へ移行させ、再び前述のステップ67の処理へ戻るようになっている。

【0089】また、列数カウンタのカウント値が0であ*

$$W_h = D_{hj} + \Delta \times (k-1) - N_{hk} \quad \dots (6)$$

$$N_{hk} = \text{INT}(D_{hj} + \Delta \times (k-1)) \quad \dots (7)$$

$$D_p = W_b W_r \times [(1-W_h) \cdot D_k + W_h \cdot D(k+1)] \quad \dots (8)$$

【0094】次に、ステップ77(ST77)の処理と

*と判断すると、1ビューにおける傾斜断層面画像(ピクセル)への逆投影処理が終了したことになるので、ステップ72(ST72)の処理として、ビュー数カウンタのカウント値が0であるか否かを判断する。ここで、ビュー数カウンタのカウント値が0ではないと判断すると、ステップ73(ST73)の処理として、ビュー数カウンタのカウント値に対して-1の減算処理を行い、逆投影処理を次のビューへ移行させ、再び前述のステップ66の処理へ戻るようになっている。

【0090】また、ビュー数カウンタのカウント値が0であると判断すると、全ビューにおける傾斜断層面画像(ピクセル)への逆投影処理が終了したことになるので、この W_r (又は $1-W_r$)による逆投影処理を終了するようになっている。この W_r (又は $1-W_r$)による逆投影処理を終了すると、再び前述の傾斜画像再構成処理へ戻るようになっている。

【0091】図18は、前述したステップ68の処理において各逆投影部23-1~23-4で行われる各投影部の W_r (又は $1-W_r$)による逆投影処理の流れを示す図である。なお、ここでは第1の逆投影部23-1で行われる逆投影処理について説明し、他の各逆投影部23-2~23-4で行われる逆投影処理も同様であるので、その説明は省略する。まず、ステップ74(ST74)の処理として、列数カウンタのカウント値及びメモリ26に記憶されたデータに基づいて、メモリ26に形成されたピクセル数カウンタに該当する列のピクセル数(計算回数)をセットする。

【0092】次に、ステップ75(ST75)の処理として、メモリ26に記憶された逆投影開始データチャンネル位置 D_{hj} 、逆投影ピッチ Δ 、データ回転ピッチに基づいて、逆投影するピクセルに対して2個のコンボリューションデータ(所定の回転数目の該当するビューの k チャンネル目及び $k+1$ チャンネル目のデータ D_k 、 $D(k+1)$)を選択し、この2個のデータに対してデータアドレス重み発生器28により発生させたチャンネル方向の補間用の重み W_h で重み付き補間を行う。ステップ76(ST76)の処理として、この補間したデータに対して、所定の逆投影重み W_b とヘリカル補間の重み W_r (又は $1-W_r$)との積を乗算する。なお以下に示す、式(6)はチャンネル方向の補間用の重み W_h の算出式、式(7)は式(6)における N_{hk} の算出式、式(8)は逆投影データ D_p の算出式の一例である。

【0093】

【数2】

して、この逆投影重みとヘリカル補間の重みを乗算した

データをメモリ26の該当するピクセルに対応する位置(アドレス)に加算する。

【0095】次に、ステップ78(ST78)の処理として、ピクセル数カウンタのカウント値が0であるか否かを判断する。ここで、ピクセル数カウンタのカウント値が0ではないと判断すると、ステップ79(ST79)の処理として、ピクセル数カウンタのカウント値に対して-1の減算処理を行い、逆投影処理を次のピクセルへ移行させ、再び前述のステップ75の処理へ戻るようになっている。

【0096】また、ピクセル数カウンタのカウント値が0であると判断すると、1ビューにおける傾斜断面画像の1列(Z座標が同じ)への逆投影処理が終了したことになるので、この各逆投影部の W_r (又は $1-W_r$)による逆投影処理を終了するようになっている。この各逆投影部の W_r (又は $1-W_r$)による逆投影処理を終了すると、再び前述の W_r (又は $1-W_r$)による逆投影処理に戻るようになっている。

【0097】従って、図16に示す傾斜画像再構成処理の流れのように、 W_r による逆投影処理の次に($1-W_r$)による逆投影処理を行うようになっており、これによりヘリカル補間が達成される。このようにこの第4の実施の形態によれば、前述の第2の実施の形態と同様な効果を得ることができる。

【0098】なお、この第4の実施の形態では、逆投影処理を2回行って傾斜断面画像の再構成を行うようになっていたが、この発明はこれに限定されるものではなく、図19に示すように、ヘリカル補間の重み W_{r1} ($i=1, \dots, n, W_{r1}+W_{r2}+\dots+W_{rn}=1$)による逆投影処理をn回行って傾斜断面画像を再構成するものでも良いものである。なお、図19に示す傾斜画像再構成処理は、図16に示す傾斜画像再構成処理における内容(図17及び図18参照)と基本的には同一であり、ヘリカル補間の重み W_r の取扱いのみが異なるので、ここでは、その詳細な説明は省略する。

【0099】なお、ヘリカル補間の重み W_r (W_{ri})により2回(3回以上)逆投影処理を行うようになっているが、これらのヘリカル補間の重み W_r による各逆投影処理を並列処理するようにして、その並列処理の後で画像加算すれば計算時間の短縮が可能となる。

【0100】ところで、ヘリカル補間の重み W_r を、図20に示すaのように傾斜断面画像をZ座標にしたがって複数に分割した各領域に対して該当する領域のみ1となり、その他の領域で0となるように重み付けすれば、傾斜断面画像の再構成で各領域が別々に再構成されるので、前述の第1の実施の形態を実現することができる。

【0101】しかし、これを図20に示すbのように傾斜断面画像をZ座標にしたがって複数個に分割した各領域に対して、該当する領域では1、その両隣りの領域

では1次関数的に減衰するように重み付けすれば、第1の実施の形態において、1枚の傾斜断面画像における各領域間の段差(ぎざぎざ)を改善して滑らかな1枚の傾斜断面画像が得られる。

【0102】また、図21に示すように、所定のビュー(n)におけるヘリカル補間の重みaを、1回転(1回転はNビュー)前の同位相のビュー(n-N)においてヘリカル補間の重みbの範囲とオーバーラップしない部分では1とし、オーバーラップする部分では1から0に1次関数的に減衰するように重み付けし、図22に示すように、所定のビュー(n)の重みaと隣接するビュー(n+1)における重みbは、傾斜断面画像においては単なる平行移動となるので、隣接するビュー(n+1)における画像再構成では、所定のビュー(n)の再構成結果を流用することができる。なお、所定のビュー(n)と、1回転前の同位相のビュー(n-N)と、隣接するビュー(n+1)のヘリカルスキャンにおける位置関係は、図23に示すようになっている。

【0103】また、ヘリカル補間の重み W_r は、単純な形式の数値であるため、テーブル等に記憶しておき、計算時に呼出すようにしても良い。さらに、 W_r は、再構成するピクセル単位で変化しても良いし、またピクセル列単位で変化しても良いものである。さらに、この第4の実施の形態では、シングルスライスCT装置のヘリカルスキャンについて説明したが、この発明はこれに限定されるものではなく、マルチスライスCT装置のステディックスキャンのものに適用することができる。

【0104】この発明の第5の実施の形態を図24乃至図26を参照して説明する。この第5の実施の形態は、図24に示すように、隣接する傾斜断面画像を複数枚再構成することを特徴とするものである。隣接する傾斜断面画像どうしでは、重複して使用できるデータが存在するので、効率的に画像再構成を図ることが可能となる。なお、この第5の実施の形態も、前述の各実施の形態と同様に、前述の第1の実施の形態における傾斜画像再構成処理の内容が異なるだけで、基本的なハードウェアの構成は同一であるので、同一部材には同一符号を付してその説明は省略する。

【0105】まず、隣接する傾斜断面画像のピッチを適切に調節すると、図25(a)~(d)に示すように、隣接する各傾斜断面画像をZ軸に垂直に分割した時にそれぞれ傾斜断面画像がどれも同じように分割されるようにすることができる。隣接する傾斜断面画像を複数枚再構成する第1の方法は、この図25(a)~(d)に示すように分割して、前述の第1の実施の形態のように、それぞれの傾斜断面画像を各分割領域毎に制限して逆投影処理を行うものである。この時、各分割領域について逆投影するとき使用する逆投影開始データ位置、逆投影ピッチ、逆投影開始点(加算開始点)、計算回数等の情報が共通となり、これらの情報を取扱う計

算処理を短縮することができる。

【0106】また第2の方法は、第1の逆投影部23-1～第4の逆投影部23-4において、それぞれが担当する傾斜断面画像1枚ずつ受持って逆投影処理を行うのではなく、図26に示すように、各逆投影部23-1～23-4が複数枚の傾斜断面画像のZ座標に垂直に分割された同じスライス位置の部分を受持つようにする。そうすることにより、各逆投影部23-1～23-4が補間データを重複して使用することなく、1つの逆投影部が1スライス位置の補間データを使用して、複数枚の傾斜断面画像にわたって存在するその補間データが逆投影される部分は全部一貫して逆投影処理することになる。

【0107】各逆投影部23-1～23-4がそれぞれ専用の補間データを使用して逆投影した各分割領域のデータは、画像メモリ24上で加算合成され、それぞれ1枚の傾斜断面画像となる。図26中の傾斜断面画像の11、21、31、…、53、62、71は、例えば11は、データ(補間データ)1を逆投影して得た分割領域1のデータであることを示している。

【0108】従って、この第2の方法によれば、傾斜断面画像毎に分割領域の個数分の補間データを作成する必要がなく、しかも、データメモリ22から各補間データを該当する逆投影部23-1～23-4のメモリの内の1つのメモリへ転送するだけで良いので、効率的に画像再構成を図ることが可能となる。このようにこの第5の実施の形態によれば、隣接する傾斜断面画像を複数枚再構成する場合に処理時間を短縮することができる効率的な画像再構成を図ることが可能となる。

【0109】この発明の第6の実施の形態を図27乃至及び図31を参照して説明する。この第6の実施の形態では、マルチスライスCTにおいてスタティックスキャンを行う場合について説明する。なお、この第6の実施の形態も、前述の各実施の形態と同様に、前述の第1の実施の形態における傾斜画像再構成処理の内容が異なるだけで、基本的なハードウェアの構成は同一であるので、同一部材には同一符号を付してその説明は省略する。なお、この第6の実施の形態では、4列マルチスライスCTを使用した例で説明する。

【0110】この第6の実施の形態においては、図27に示す傾斜画像再構成処理の流れに基づいて、再構成処理制御部21が傾斜断面画像を直接再構成する。まず、ステップ81(ST81)の処理として、予備的な撮影として行われたスキヤノグラム撮影により得られた画像を表示装置14に表示して、設定操作入力に基づいて傾斜断面画像を設定し、この設定した傾斜断面画像を例えば図28乃至図30に示すように、Z座標に垂直に4列のX線ビームのビーム厚にしたがって分割する。

【0111】すなわち、図28に示すように、FOV(撮影領域)に対して4列のX線ビームが放射され、この

X線ビームのFOVの中心軸に占める範囲(各厚さt)が、図29(a)に示すように、分割するZ軸(FOVの中心軸と一致する)に垂直な各スライスの位置(各厚さt)となる。図29(a)に示すように、4枚のスライスにわたって傾斜断面画像が設定された時には、図29(b)に示すように、4個の領域に分割される。また、図30(a)に示すように、3枚のスライスにわたって傾斜断面画像が設定された時には、図30(b)に示すように、3個の領域に分割される。

【0112】このようにして傾斜断面画像の分割が終了すると、ステップ82(ST82)の処理として、架台を回転しX線を照射して、1回転分のデータ収集を行う。この収集されたデータに対してはX線強度補正及び検出器感度補正等の各種補正を行う。このデータ収集を終了すると、ステップ83(ST83)の処理として、ビュー数カウンタにカウント値1を設定して、ステップ84(ST84)の処理として、1回目の再構成か否かを判断する。

【0113】ここで、1回目の再構成と判断すると、ステップ85(ST85)の処理として、ビュー数カウンタに設定されている数値に該当するビューの4列のデータ(ステップ82の処理で得られたデータ)をそれぞれ再構成関数とコンボリューションして、4列のコンボリューションデータを算出する。次に、ステップ86(ST86)の処理として、各コンボリューションデータを各逆投影部23-1～23-4に割当てて転送し、各逆投影部23-1～23-4によりそれぞれ分割領域へ限定した逆投影処理を行い、ステップ87(ST87)の処理として、各逆投影部23-1～23-4での逆投影処理で得られた分割領域の画像を画像メモリ24上で加算して1枚の傾斜断面画像を作成し、表示装置14に表示する。

【0114】次に、ステップ88(ST88)の処理として、ビュー数カウンタのカウント値が1回転分のビュー数Nに等しいか否かを判断する。ここで、ビュー数カウンタのカウント値が1回転分のビュー数Nに等しくない、すなわちN未満と判断すると、ステップ89(ST89)の処理として、ビュー数カウンタのカウント値に対して+1の加算更新処理を行い、この+1の加算更新処理を終了すると、再び前述のステップ86の処理へ戻るようになっている。

【0115】また、ビュー数カウンタのカウント値が1回転分のビュー数Nに等しいと判断すると、表示装置14には必要なビュー数(例えば180°分でも良い)で再構成された正確な傾斜断面画像が表示されている。ここで、ステップ90(ST90)の処理として、傾斜断面画像の更新を行うか否かを判断する。ここで、傾斜断面画像の更新を行うと判断すると、再び前述のステップ82の処理へ戻るようになっている。このことにより、前述のステップ84の処理において、1回目の再構成ではなく、2回目以上の再構成と判断するようにな

る。

【0116】前述のステップ84の処理で、1回目の再構成ではなく、2回目以上の再構成と判断すると、ステップ91(ST91)の処理として、同位相(同一ビュー)・同検出器列における前回のデータ収集で得られたデータ(補正されたデータ)と今回のデータ収集で得られたデータ(補正されたデータ)との差を算出して差分データを得る。

【0117】次に、ステップ92(ST92)の処理として、得られた差分データをそれぞれ再構成関数とコンボリューションして差分のコンボリューションデータを得る。この差分コンボリューションデータを得ると、前述のステップ86の処理へ移行して、各分割領域毎に差分コンボリューションデータが逆投影され、画像メモリ24で加算され、差分コンボリューションデータによる前回の傾斜断面画像の更新(画像の変化部分だけを変更する)が行われる。

【0118】前述のステップ90の処理で、傾斜断面画像の更新は行わないと判断すると、ステップ93(ST93)の処理として、傾斜断面画像の変更を行うか否かを判断する。ここで、傾斜断面画像の変更を行うと判断すると、再び前述のステップ81の処理へ戻るようになっている。また、傾斜断面画像の変更を行わないと判断すると、この傾斜画像再構成処理を終了するようになっている。

【0119】このようにこの第6の実施の形態によれば、マルチスライスCTのスタティックスキャンにおいて、前述した第1の実施の形態と同様な効果を得ることができる。なお、この第6の実施の形態において、前述した第5の実施の形態の技術を使用して隣接する傾斜断面画像を再構成しても良いものであり、また前述した第4の実施の形態等の技術を使用して傾斜断面画像を再構成しても良いものである。

【0120】また、実効スライス厚の厚い画像を得るためには、例えば図31に示すように、10列の2次元X線検出器を使用した場合、各検出器列のデータを予め加算(束ね処理)しておけば良い。すなわち、第1の検出器列に対応するスライス位置においては、第1の検出器列の各セグメントのデータを2倍にしたものにそれぞれ第2の検出器列の同一位置のセグメントのデータを加算したものを使用し、第2の検出器列に対応するスライス位置においては、第1の検出器列、第2の検出器列、第3の検出器列の各セグメントのデータをそれぞれ加算したものを使用し、第3の検出器列に対応するスライス位置においては、第2の検出器列、第3の検出器列、第4の検出器列の各セグメントのデータをそれぞれ加算したものを使用し、…、第10の検出器列に対応するスライス位置においては、第9の検出器列の各セグメントのデータに第10の検出器列の同一位置のセグメントのデータを2倍にしたものを加算したものを使用すれば良い。

なお、X線コーンビームの外側でデータのない領域については、隣接するデータを逆投影して近似するか、又は全く逆投影せずに黒色で表示しても良い。

【0121】この発明の第7の実施の形態を図32、図33、図43及び図44を参照して説明する。この第7の実施の形態は、円錐状に広がったX線(コーンビーム)に対向してX線検出素子を平面的(2次元的)・マトリックス状に配列した2次元X線検出器を前述の実施の形態の1次元X線検出器5の代わりに配置したコーンビームCTにおける任意の傾斜断面画像を再構成するものである。

【0122】コーンビームCTにおける2次元画像及び3次元画像の再構成法については、特願平8-1015号に詳細に記載されている。この特願平8-1015号には、図43に示すように、X線源201と2次元X線検出器202との間の撮影領域FOVにおいてボクセル203を設定し、図44に示すように、このボクセル203のボクセル列(例えば203-1)に平行なセンタリング列が配列されたセンタリング面204を設定し、2次元X線検出器202から得られたデータを補間処理等を行った後、一度センタリング面204に逆投影し、このセンタリング面204からボクセル203へ逆投影して2次元画像又は3次元画像を再構成するもので、このような再構成法により、再構成処理時間の大幅な短縮を実現することができる。

【0123】また、この特願平8-1015号のセンタリング面に一度逆投影した後に各ボクセル列に逆投影する投影法を使用して再構成することにより、任意の傾斜断面画像をX線データから直接再構成することは可能である。すなわち、センタリング面からボクセルへの逆投影において、各ボクセル列において傾斜断面画像に該当するボクセルだけに制限すれば、上述した第2の実施の形態と同様に、直接再構成することができる。また、ボクセルを制限したときにセンタリング面も制限することができ、2次元X線検出器からセンタリング面への逆投影においても、該当するセンタリング面に制限すれば、逆投影処理及びその結果として再構成処理にかかる時間をより短縮することができる。

【0124】また、コーンビーム照射のヘリカルスキャンにおいては、図32に示すように傾斜断面画像として2焦点のビームから得られたデータを逆投影して再構成されるものでは、図33に示す傾斜画像再構成処理の流れのように、傾斜断面画像を各ビームに対応した領域に分割し、その分割領域毎に領域制限した2回の逆投影処理により再構成すれば良い。

【0125】すなわち、まず、ステップ101(ST101)の処理として、位相(ビュー)を格納する位相エリア θ に 0° を設定し、ステップ102(ST102)の処理として、傾斜断面画像を位相エリア θ により設定された位相における各焦点位置に対応してZ軸に垂直

に分割する。

【0126】次に、ステップ103(ST103)の処理として、回転数カウンタNに初期値をセットし、ステップ104(ST104)の処理として、回転数カウンタNにセットされている数値に対応するN回転目の分割領域に位相エリア θ にセットされている位相に対応する位相 θ で収集されたデータにより領域限定のコーンビーム逆投影を行い、表示装置14に逆投影により再構成された画像を表示する。この領域限定のコーンビーム逆投影を終了すると、ステップ105(ST105)の処理として、領域限定のコーンビーム逆投影が位相 θ について全ての焦点で終了したか否かを判断する。すなわち、位相 θ について傾斜断面画像全体へのコーンビーム逆投影が終了したか否かを判断することになる。

【0127】ここで、領域限定のコーンビーム逆投影が位相 θ について全ての焦点で終了していないと判断すると、ステップ106(ST106)の処理として、回転数カウンタNのカウント値に対して+1の加算更新処理を行い、再び前述のステップ104の処理へ戻っている。

【0128】また、領域限定のコーンビーム逆投影が位相 θ について全ての焦点で終了したと判断すると、ステップ107(ST107)の処理として、必要な位相(360°分又は180°分)のコーンビーム逆投影が全て終了したか否かを判断する。ここで、必要な位相のコーンビーム逆投影がまだ終了していないと判断すると、ステップ108(ST108)の処理として、位相エリア θ の設定値に対して+ $\Delta\theta$ の加算更新処理を行い、再び前述のステップ102の処理へ戻っている。また、必要な位相のコーンビーム逆投影が全て終了したと判断すると、この傾斜画像再構成処理を終了するようになっている。

【0129】このようにこの第7の実施の形態によれば、コーンビームCTにおいても傾斜断面画像をボクセルデータを作成した後で再構成するのではなく、ボクセルデータを介さずに2次元X線検出器から収集されたデータから直接再構成することができる。また、360°補間法によりヘリカル補間を行って1回転分(360°分)のデータを作成するものについて説明したが、この発明はこれに限定されるものではなく、例えば対向ビーム補間法、対向ビームを使用したフィルタ補間法、隣接補間法、隣接補間法等の各種の補間法を使用しても良いものである。

【0130】さらに、1回転分(360°+ α)のデータによる再構成法を使用した、この発明はこれに限定されるものではなく、半回転(ハーフ、180°+ α)のデータによる再構成法を使用しても良いものである。また、X線検出器についても、均等8列検出器による4列サンプリングでも良いし、直線マルチスライス検出器あるいは平面検出器でも良く、その他の形状のX線検出

器によるデータ収集でも良い。なお、この発明は上述した実施の形態に限定されるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲で変形することができる。

【0131】

【発明の効果】以上詳述したようにこの発明によれば、医師が所望とする傾斜断面画像を実効スライス厚を薄く短時間で得ることができる画像再構成処理装置における画像再構成方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施の形態の画像再構成方法を使用するX線CT装置の概略の構成を示すブロック図。

【図2】同実施の形態のX線CT装置のジオメトリを示す図。

【図3】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部の構成を示すブロック図。

【図4】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部の逆投影部の構成を示すブロック図。

【図5】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理の流れを示す図。

【図6】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理における傾斜断面画像の分割を説明する図。

【図7】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理における各分割領域の画像データの画像メモリ上での加算を説明する図。

【図8】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理における逆投影処理の流れを示す図。

【図9】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理における逆投影開始データ位置、逆投影開始点及び逆投影ピッチを説明する図。

【図10】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理における必要とする逆投影領域を示す図。

【図11】この発明の第2の実施の形態の画像再構成方法を使用するX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理の流れを示す図。

【図12】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理における各逆投影部の逆投影処理の流れを示す図。

【図13】この発明の第3の実施の形態の画像再構成方法を使用するX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理の流れを示す図。

【図14】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理における各逆投影部の逆投影処理の流れを示す図。

【図15】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理における重み付き補間の並列処理及びパイプライン処理を説明するための模式

図。

【図16】この発明の第4の実施の形態の画像再構成方法を使用するX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理の流れを示す図。

【図17】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理における W_r （又は $1-W_r$ ）による逆投影処理の流れを示す図。

【図18】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理における W_r （又は $1-W_r$ ）による逆投影処理における各逆投影部の W_r （又は $1-W_r$ ）による逆投影処理の流れを示す図。

【図19】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理の他の一例の流れを示す図。

【図20】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理における第1の実施の形態を実施するための重み付けの例を示す図。

【図21】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理における滑らかな傾斜断層面画像を再構成するための重み付けを示す図。

【図22】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理における図21の重み付けの隣接するビューでの流用を説明するための図。

【図23】同実施の形態のX線CT装置の所定のビューと1回転前の同位相のビューと隣接するビューのヘリカルスキャンにおける位置関係を示す図。

【図24】この発明の第5の実施の形態の画像再構成方法を使用するX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理において再構成する複数枚のそれぞれ隣接する傾斜断層面画像を示す図。

【図25】同実施の形態のX線CT装置の傾斜画像再構成処理において再構成する複数枚のそれぞれ隣接する傾斜断層面画像の分割状態を示す図。

【図26】同実施の形態のX線CT装置の傾斜画像再構成処理において複数枚のそれぞれ隣接する傾斜断層面画像の再構成における各逆投影部の受持ちを示す図。

【図27】この発明の第6の実施の形態の画像再構成方法を使用するX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理の流れを示す図。

【図28】同実施の形態のX線CT装置におけるコーンビームの4列のビームを示す図。

【図29】同実施の形態のX線CT装置におけるコーンビームの4列のビームと傾斜断層面画像及び傾斜断層面画像の分割の第1の例を示す図。

【図30】同実施の形態のX線CT装置におけるコーンビームの4列のビームと傾斜断層面画像及び傾斜断層面*

* 画像の分割の第2の例を示す図。

【図31】同実施の形態のX線CT装置における10列の2次元X線検出器を使用した場合の束ね処理について説明する図。

【図32】この発明の第7の実施の形態の画像再構成方法を使用するX線CT装置のコーンビームの2つの焦点に対する傾斜断層面画像の分割を示す図。

【図33】同実施の形態のX線CT装置の再構成処理部で行われる傾斜画像再構成処理の流れを示す図。

【図34】X線CT装置の1次元X線検出器及び2次元X線検出器を示す図。

【図35】X線CT装置の2次元X線検出器の列方向及びチャンネル方向を示す図。

【図36】X線CT装置のスタティクスキャン方式及びヘリカルスキャン方式を説明するための図。

【図37】X線CT装置のヘリカルスキャンにおけるビューの回転位相及びZ軸位置を示す図。

【図38】X線CT装置のヘリカルスキャンにおけるスライスプロファイルを示す図。

【図39】従来のボクセルデータからMPR処理により切り出す断面画像を示す図。

【図40】従来の傾斜断層面画像のピクセルとボクセルデータとの関係を示す図。

【図41】従来の傾斜断層面画像のボクセルデータの置換による画像のギザギザ状態を説明するための図。

【図42】腰椎のスキノグラムにおける傾斜断層面画像の位置の指定状態を示す図。

【図43】特願平8-1015号に記載されているコーンビームに対するボクセルを説明するための図。

【図44】特願平8-1015号に記載されているボクセル列及びセンタリング面を示す図。

【符号の説明】

3...X線源、

5...X線検出器、

11...データ収集部、

12...再構成処理部、

21...再構成処理制御部、

22...データメモリ、

23...逆投影ブロック、

23-1~23-4...第1~第4の逆投影部、

24...画像メモリ、

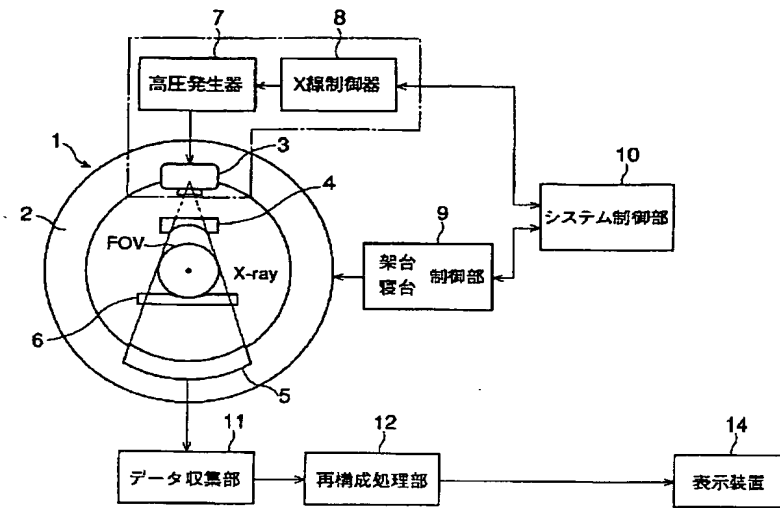
25...画像加算部、

26...メモリ、

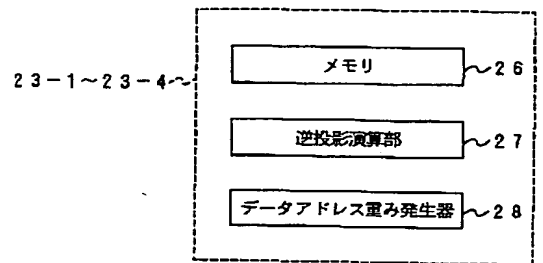
27...逆投影演算部、

28...データアドレス重み発生部。

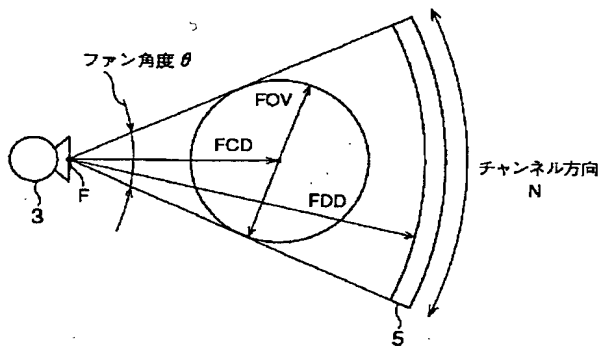
【図1】



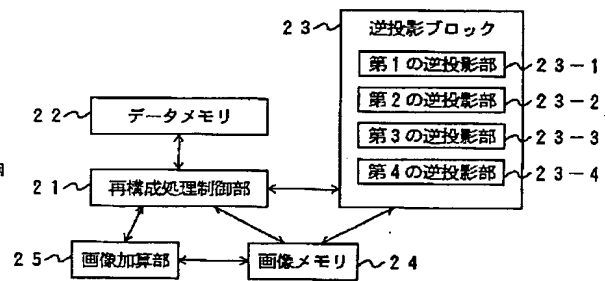
【図4】



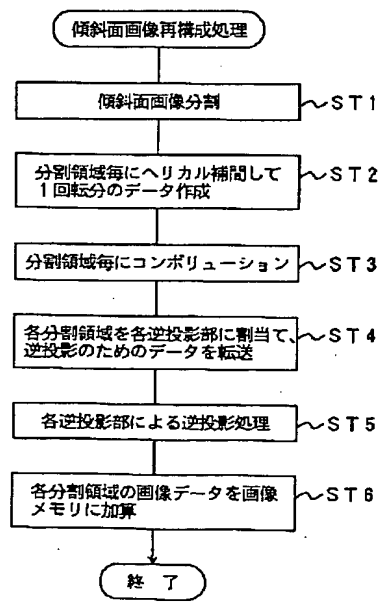
【図2】



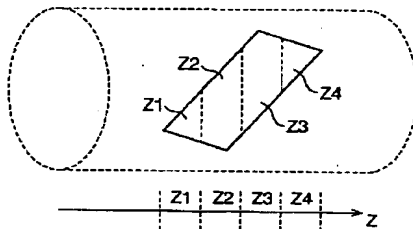
【図3】



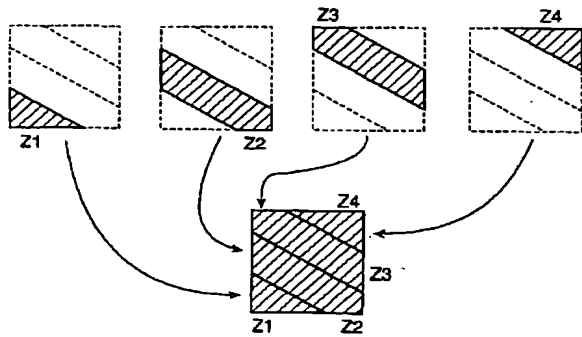
【図5】



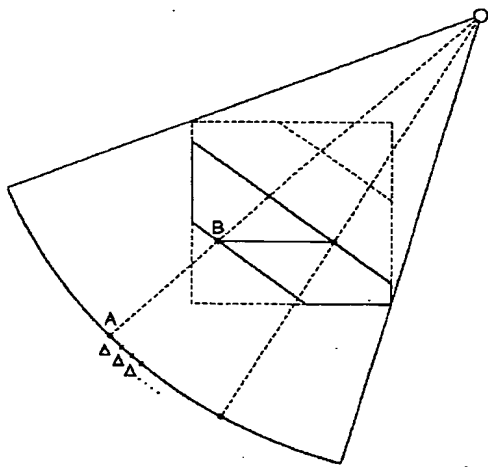
【図6】



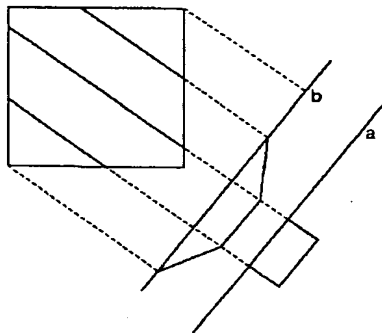
【図7】



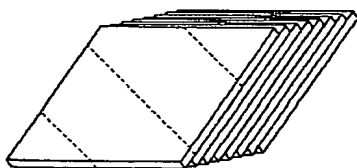
【図9】



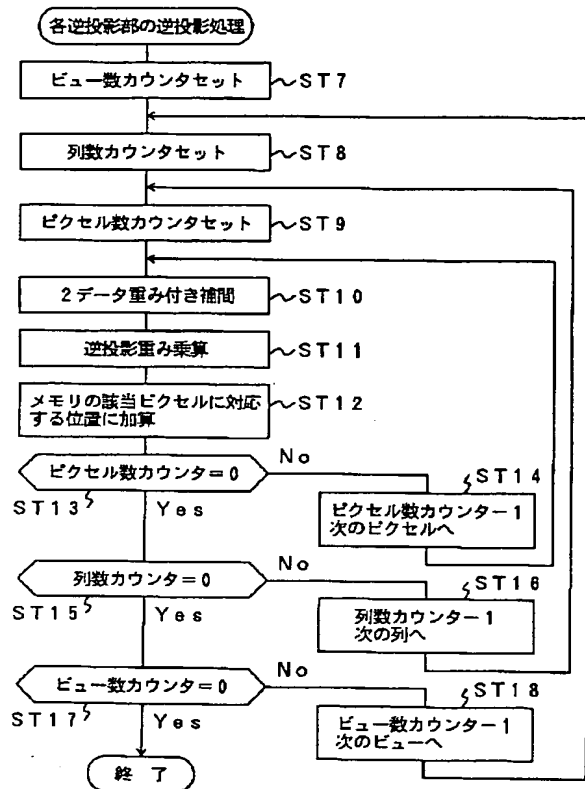
【図20】



【図24】

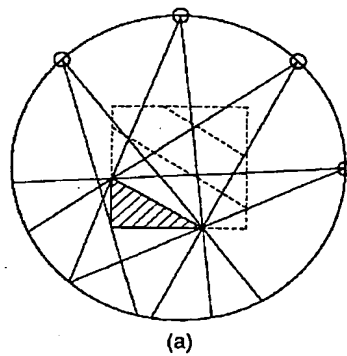


【図8】

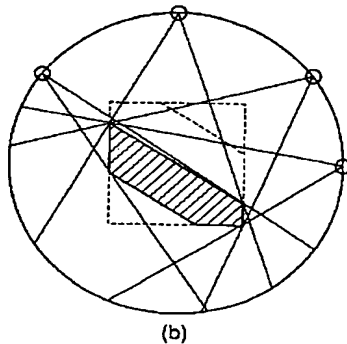


【図10】

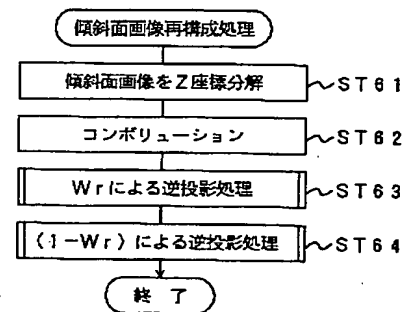
【図16】



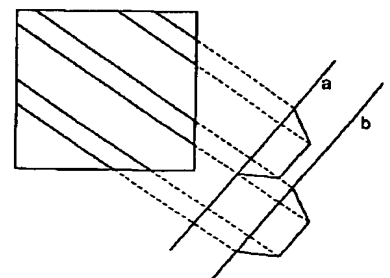
(a)



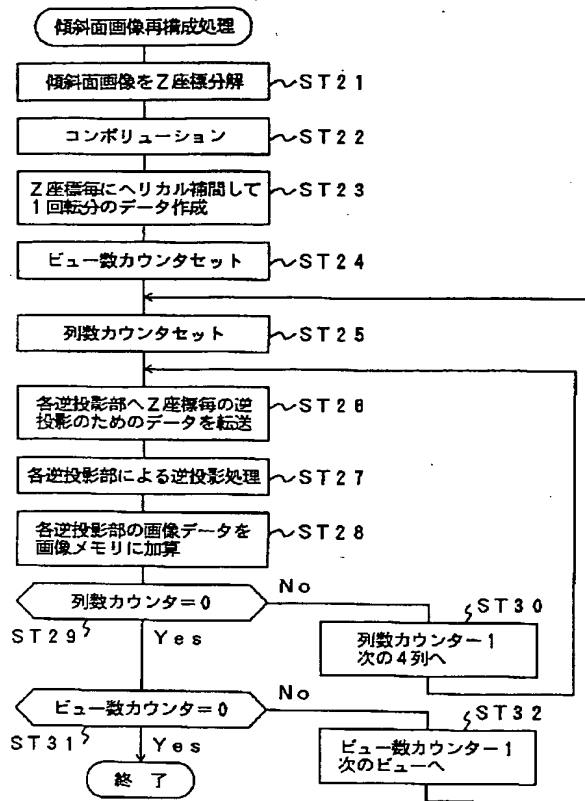
(b)



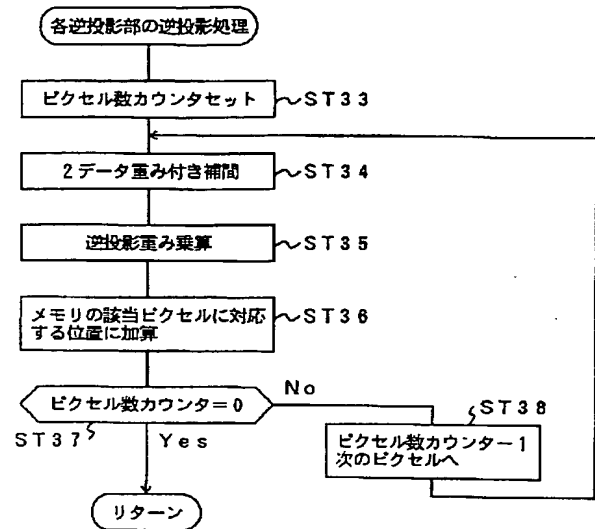
【図21】



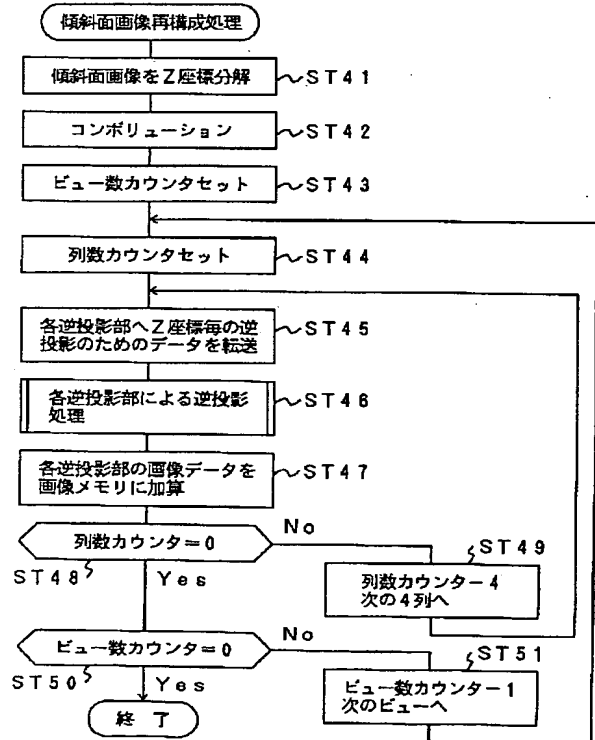
【図11】



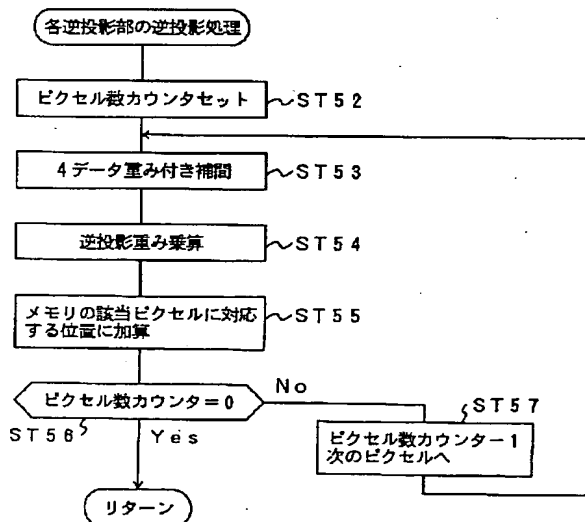
【図12】



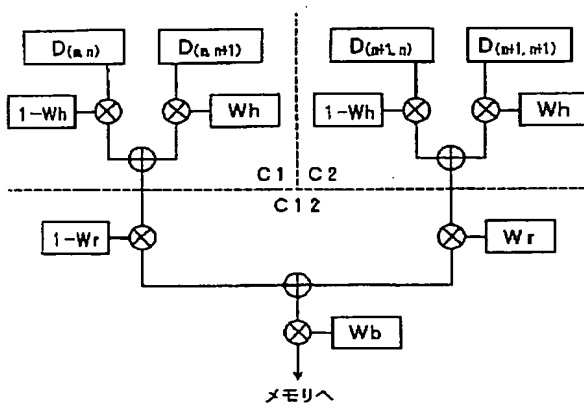
【図13】



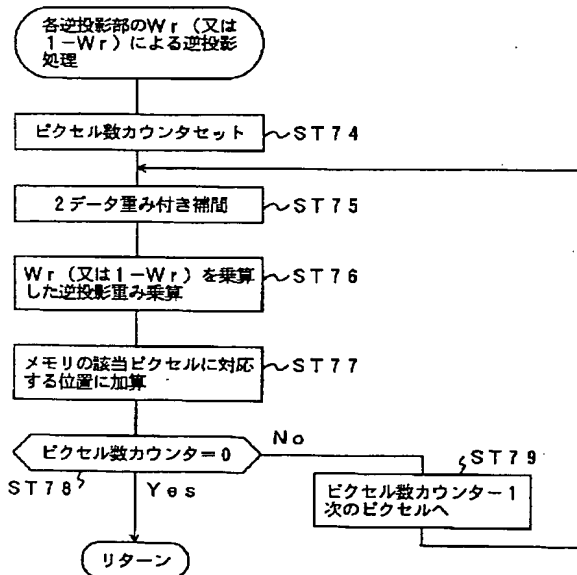
【図14】



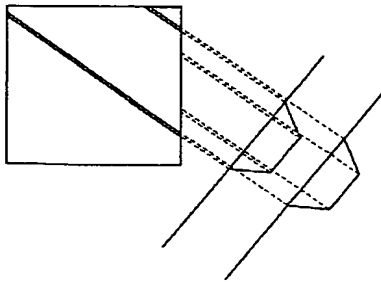
【図15】



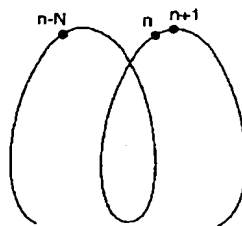
【図18】



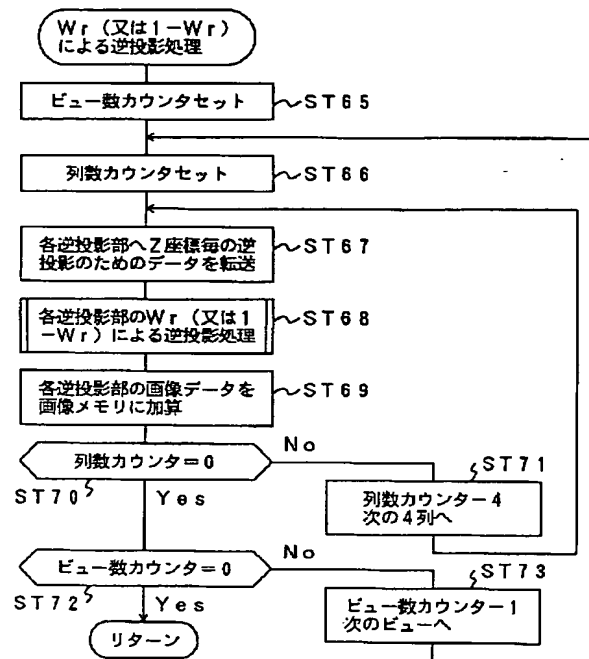
【図22】



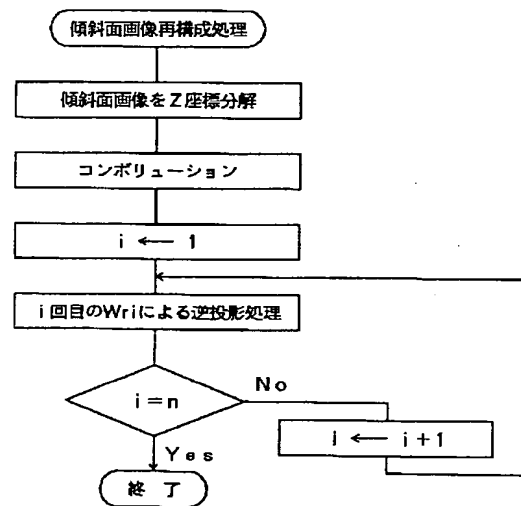
【図23】



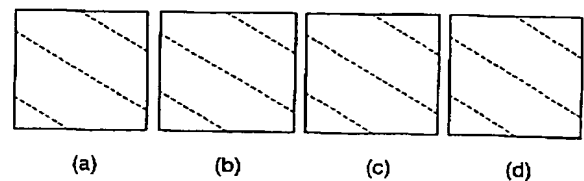
【図17】



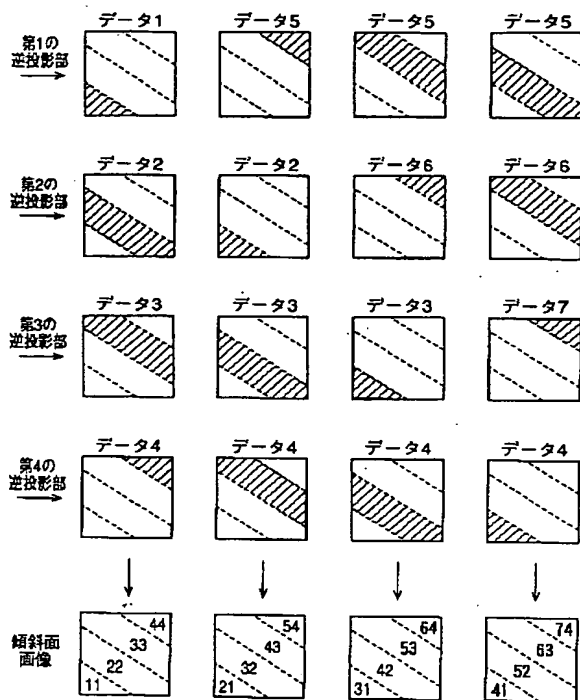
【図19】



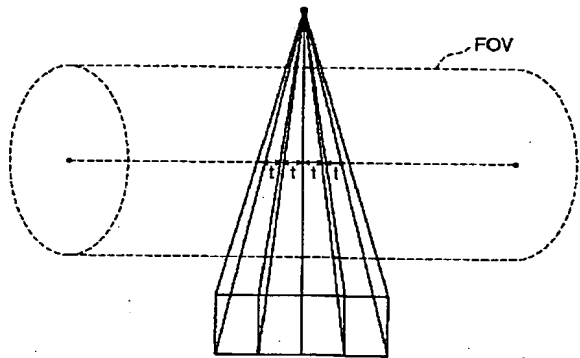
【図25】



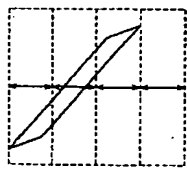
【図26】



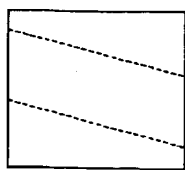
【図28】



【図30】

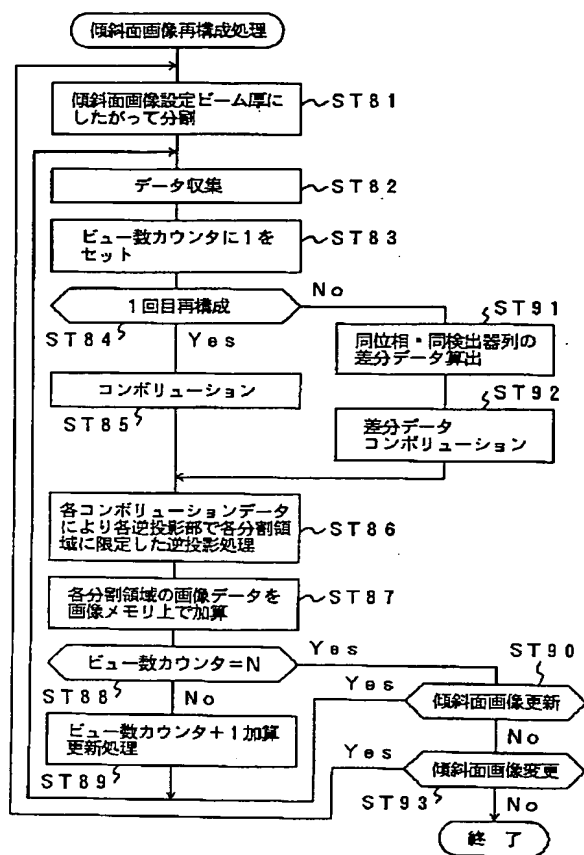


(a)

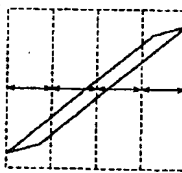


(b)

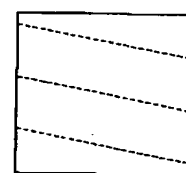
【図27】



【図29】

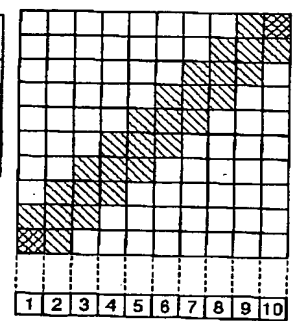


(a)



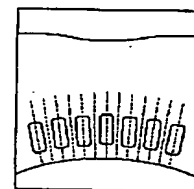
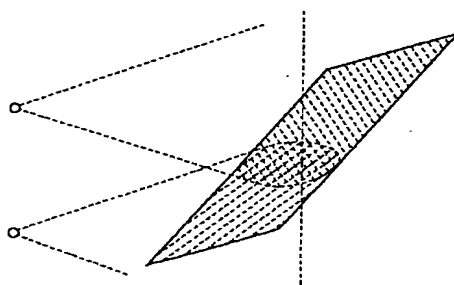
(b)

【図31】

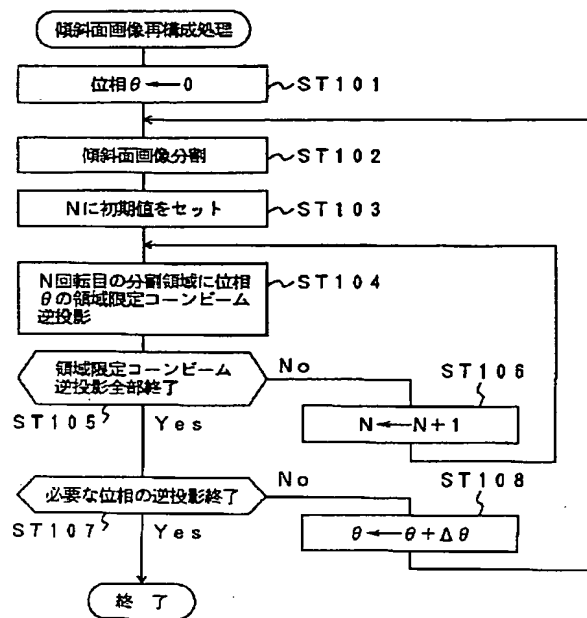


【図32】

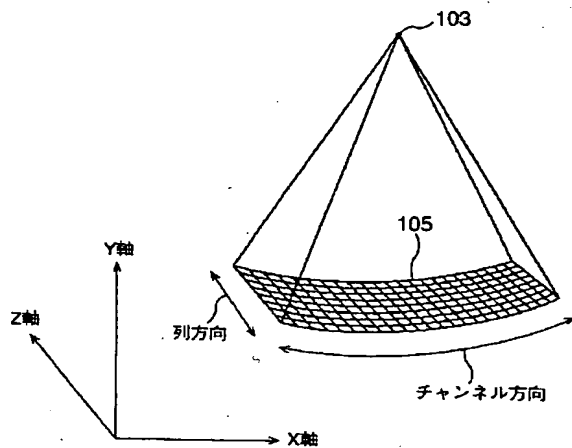
【図42】



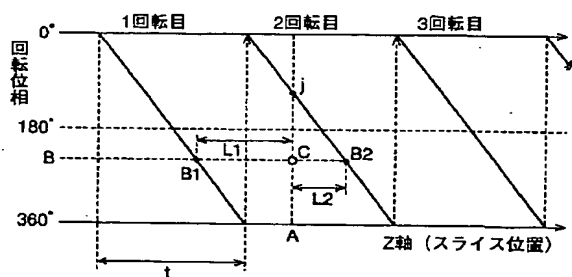
【図33】



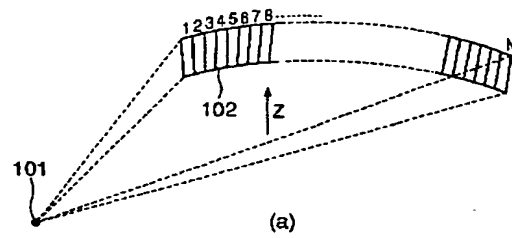
【図35】



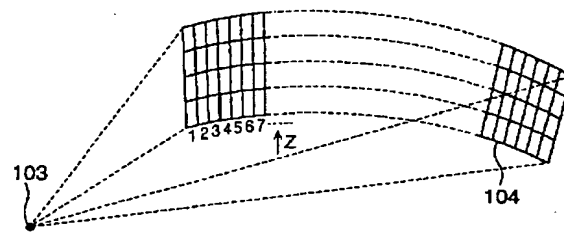
【図37】



【図34】

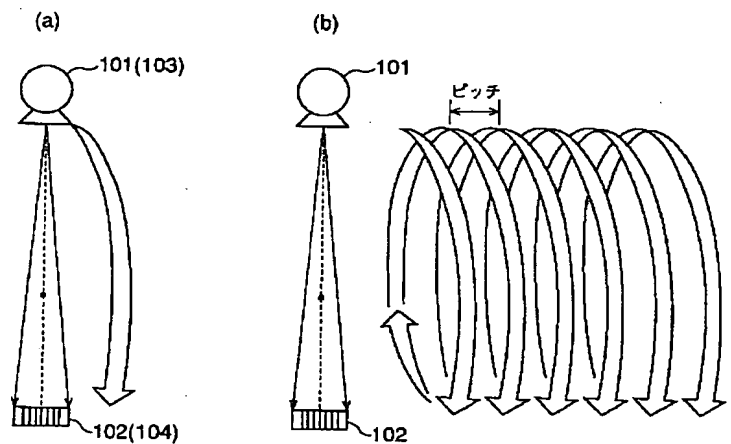


(a)

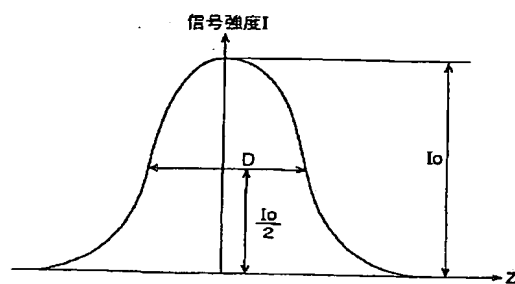


(b)

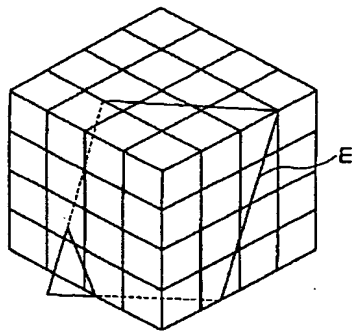
【図36】



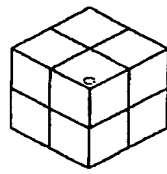
【図38】



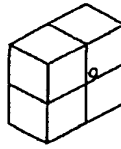
【図39】



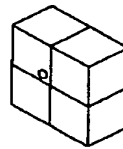
【図40】



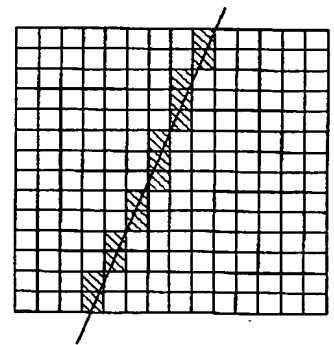
(a)



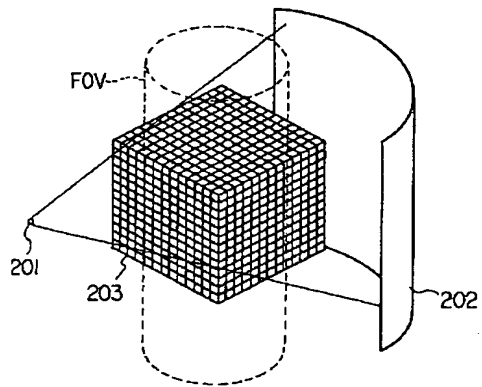
(b)



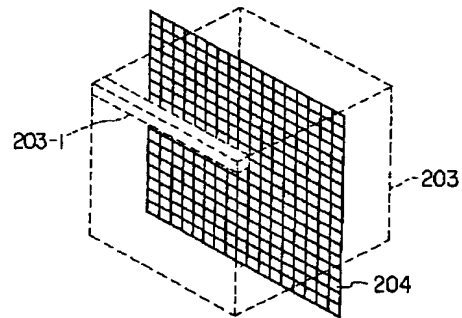
【図41】



【図43】



【図44】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.